

PROYECTO FIN DE CARRERA



Análisis y Mejora de los procesos de reglaje de la transmisión PRODRIVE

Javier Sánchez Ciria

Universidad Carlos III Madrid

RESUMEN

Este proyecto surge en la compañía John Deere Ibérica S.A, durante el convenio de prácticas con la universidad Carlos III de Madrid. Durante el montaje de una transmisión destinada a cosechadoras de gran capacidad (modelo PRODRIVE), se registran fallos durante el ensamblado y reclamaciones del cliente, debido a una mala ejecución en los 4 reglajes axiales que se realizan en el ensamblado del producto.

Durante este proyecto se describe y se explica, el funcionamiento tanto del producto como de la línea en la que es ensamblado, con el objetivo principal de analizar en detalle los métodos de reglaje empleados.

Tras estudiar el funcionamiento, método de ensamblaje y el lugar donde se lleva a cabo; podemos analizar profundamente todos los aspectos que intervienen a la hora de realizar un reglaje, pudiendo así, localizar los puntos débiles del proceso.

Tras exponer los puntos débiles que causan una reducción en la vida útil del producto, se toman las medidas necesarias para eliminarlos, aumentando la productividad, el porcentaje de repetibilidad de los reglajes ejecutados con éxito y reducir con ello, el número de reclamaciones debido a una mala ejecución de un reglaje.

El resultado de estas acciones se traduce en un porcentaje muy alto de repetibilidad y acierto en todos los reglajes. Así se evita un sobrecoste de 222.022,68 euros en los 3 últimos trimestres del año fiscal, y en una optimización plena de los niveles productivos de la cadena.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
INDICE GENERAL	1
INDICE DE FIGURAS	1
CAPITULO 1: Introducción y objetivos	1
1.1 Introducción	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Estructura del documento	3
CAPITULO 2: John Deere Ibérica S.A.	4
RESUMEN	5
2.1 John Deere & Company	6
2.1.1 John Deere en el mundo	6
2.1.1.1 División agrícola y espacios verdes	7
2.1.1.2 División construcción y forestal	8
2.1.1.3 División Financiera	8
2.1.2 John Deere Ibérica	8
2.1.2.1 Historia	8
2.1.2.2 John Deere Ibérica en la actualidad	10
2.1.2.3 Productos	12
2.1.2.4 Organigrama general	14
2.1.2.5 Política de calidad y medio ambiente	15
CAPITULO 3: La transmisión PRODRIVE	16
3.1 Características principales y uso dentro de la cosechadora	17
3.2 Componentes principales de la transmisión	19
3.2.1 Carcasa y tapa frontal	20
3.2.2 Diferencial	21
3.2.3 Eje intermedio	23
3.2.4 Eje de entrada	23
3.2.5 Transportadores	26
3.2.6 Freno de servicio	27
3.2.7 Freno de aparcamiento	28
3.2.8 Cuerpo de válvulas	29
CAPITULO 4: La línea de ensamblaje	31

4.1 Ubicación de la línea de ensamblaje	32
4.2 Descripción general de la línea.	33
4.3 Descripción de los puestos de premontaje.	34
4.3.1 Puesto premontaje diferencial	35
4.3.2 Puesto premontaje del eje intermedio	36
4.3.3 Puesto de premontaje de transportadores.....	37
4.3.4 Puesto de premontaje del eje de entrada	38
4.3.5 Puesto premontaje frenos de servicio.....	40
4.3.6 Puesto premontaje frenos de aparcamiento.	41
4.4 Descripción de los puestos de la línea.	42
4.4.1 Estación de montaje 1	45
4.4.2 Estación de montaje 2	45
4.4.3 Estación de montaje 3	46
4.4.4 Estación de montaje 4	47
4.4.5 Estación de montaje 5	48
4.4.6 Estación de montaje 6	49
4.4.7 Estación de montaje 7	50
CAPITULO 5: IntroducciÓN a los reglajes de la transmisión y método de anÁLisis.....	52
5.1 Los reglajes de la transmisión.	53
5.2 Método de análisis.	54
CAPITULO 6: Estudio del reglaje de los rodamientos del diferencial	55
6.1 Reglaje de los rodamientos del diferencial	56
6.2 Proceso inicial de reglaje de los rodamientos del diferencial.....	57
6.2.1 Medición	57
6.2.2 Comprobación	60
6.3 Descripción de la oportunidad de mejora	62
6.4 Análisis	62
6.4.1 Materia prima.....	62
6.4.2 Útiles y aparatos de medida	63
6.4.3 Factor humano	64
6.4.4 Proceso	64
6.4.5 Conclusiones	65
6.5 Acciones	66
6.6 Verificación	66

6.7 Conclusión	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 7: Estudio del reglaje de los rodamientos del eje intermedio.....	68
7.1 Reglaje de los rodamientos del eje intermedio.....	69
7.2 Proceso inicial de reglaje de los rodamientos del eje intermedio	70
7.2.1 Medición	70
7.2.2 Comprobación	73
7.3 Descripción de la oportunidad de mejora	74
7.4 Análisis	74
7.4.1 Materia prima.....	75
7.4.2 Útiles y aparatos de medida	75
7.4.3 Factor humano	75
7.4.4 Proceso	75
7.4.5 Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
7.5 Acciones	77
7.6 Verificación	80
7.7 Conclusión	81
CAPITULO 8: Estudio del reglaje de la fenólica del eje de entrada	82
8.1 Reglaje Fenólica del eje de entrada	83
8.2 Proceso inicial de reglaje de la fenólica del eje de entrada.....	85
8.2.1 Medición.....	85
8.2.2 Comprobación	87
8.3 Descripción de la oportunidad de mejora	88
8.4 Análisis	89
8.4.1 Materia prima.....	89
8.4.2 Útiles y aparatos de medida	89
8.4.3 Factor humano	90
8.4.4 Proceso	90
8.4.5 Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
8.5 Acciones	93
8.6 Verificación	101
8.7 Conclusión	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 9: Estudio del reglaje de los rodamientos del eje de entrada	104
9.1 Reglaje de los rodamientos del eje de entrada	105
9.2 Proceso inicial de reglaje de los rodamientos del eje entrada.....	106

9.2.1 Medición	106
9.2.2 Comprobación	109
9.3 Descripción de la oportunidad de mejora	110
9.4 Análisis	110
9.4.1 Materia prima.....	110
9.4.2 Útiles y aparatos de medida	110
9.4.3 Factor humano	110
9.4.4 Proceso	110
9.4.5 Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
9.5 Acciones	111
9.6 Verificación	112
9.7 Conclusión	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO 10: Resultado, Análisis económico y conclusiones	115
10.1 Resultados obtenidos.....	116
10.2 Análisis Económico	116
10.2.1 Sobrecoste del standard de trabajo.....	116
10.2.2 Coste de calibres y utillajes	118
10.2.3 Sobrecoste en reproceso	118
10.2.4 Balance de gastos frente a beneficios.....	118
10.3 Conclusiones	118
Bibliografía	120
Bibliografía	1

INDICE DE FIGURAS

• FIGURA 2.1-A LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS PRODUCTIVOS DE JOHN DEERE	7
• FIGURA 2.1-B MODELO DE TRACTOR JD 505.....	9
• FIGURA 2.1-C VISTA AÉREA DE LA FACTORIA DE JOHN DEERE IBÉRICA S.A.	11
• FIGURA 2.1-D PRODUCTOS MINIFÁBRICA CAJAS PESADAS	12
• FIGURA 2.1-E PRODUCTOS MINIFÁBRICA CAJAS LIGERAS	12
• FIGURA 2.1-F PRODUCTOS MINIFÁBRICA EJES Y ENGRANAJES	13
• FIGURA 2.1-G PRODUCTOS MINIFÁBRICA MANDOS FINALES	13
• FIGURA 2.1-H ORGANIGRAMA GENERAL DE JOHN DEERE IBERICA S.A	14
• FIGURA 3.1-A TRANSMISIÓN PRODRIVE	17
• FIGURA 3.1-B UBICACIÓN DE LA TRANSMISIÓN EN LA COSECHADORA	17
• FIGURA 3.1-C TRANSFERENCIA DE POTENCIA EN LA TRANSMISIÓN PRODRIVE	18
• FIGURA 3.1-D RELACIONES DE VELOCIDAD DE LA TRANSMISIÓN PRODRIVE	18
• FIGURA 3.2-A COMPONENTES DE LA PRODRIVE	19
• FIGURA 3.2-B CARCASA	20
• FIGURA 3.2-C TAPA FRONTAL	20
• FIGURA 3.2-D DIFERENCIAL	21
• FIGURA 3.2-E FUNCIONAMIENTO DEL DIFERENCIAL (THIS IMAGE WAS ORIGINALLY UPLOADED ON EN.WIKIPEDIA.ORG BY USER: WAPCAPLET).....	21
• FIGURA 3.2-F PLANO DEL DIFERENCIAL CON EL BLOQUEO DESACTIVADO	22
• FIGURA 3.2-G PLANO DEL DIFERENCIAL CON EL BLOQUEO ACTIVADO	22
• FIGURA 3.2-H EJE INTERMEDIO	23
• FIGURA 3.2-I EJE DE ENTRADA	23
• FIGURA 3.2-J GIRO DE LOS ENGRANAJES PLANETARIOS	24
• FIGURA 3.2-K FRENOS DEL EJE DE ENTRADA	24
• FIGURA 3.2-L MARCHA LOW, EJE DE ENTRADA	25
• FIGURA 3.2-M MARCHA HIGH (DIRECTA), EJE DE ENTRADA	25
• FIGURA 3.2-N PUNTO MUERTO, EJE DE ENTRADA	26
• FIGURA 3.2-O TRANSPORTADORES	27
• FIGURA 3.2-P FRENOS DE SERVICIO	28
• FIGURA 3.2-Q FRENO DE APARCAMIENTO.....	28
• FIGURA 3.2-R PLANO FRENO DE FRENO DE APARCAMIENTO	29
• FIGURA 3.2-S CUERPO DE VÁLVULAS	29
• FIGURA 3.2-T FUNCIONES DEL CUERPO DE VÁLVULAS.....	30
• FIGURA 4.1-A UBICACIÓN DE LA LÍNEA PRODRIVE DENTRO DE LA NAVE 14 EN JOHN DEERE IBÉRICA S.A.	32
• FIGURA 4.2-A DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÍNEA PRODRIVE	33
• FIGURA 4.2-B DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA PRODRIVE	34
• FIGURA 4.3-A PUESTOS DE LA LÍNEA PRODRIVE	35
• FIGURA 4.3-B LAYOUT PREMONTAJE DIFERENCIAL	35
• FIGURA 4.3-C PRENSA Y BANCO DE RODAJE DEL DIFERENCIAL.	36
• FIGURA 4.3-D LAYOUT PREMONTAJE DEL EJE INTERMEDIO	36

• FIGURA 4.3-E PRESNA, HORNO Y CONGELADOR DEL PUESTO DE PREMONTAJE DEL EJE INTERMEDIO	37
• FIGURA 4.3-F LAYOUT DEL PREMONTAJE DEL TRANSPORTADOR.....	37
• FIGURA 4.3-G PRESNA DEL PREMONTAJE DEL TRANSPORTADOR.....	38
• FIGURA 4.3-H LAYOUT DEL PREMONTAJE EJE DE ENTRADA.....	38
• FIGURA 4.3-I PRESNA Y CARGADOR DE AGUJAS DEL PREMONTAJE DEL EJE DE ENTRADA	39
• FIGURA 4.3-J PRESNA Y BANCO DE PRUEBAS DEL EJE DE ENTRADA	39
• FIGURA 4.3-K LAYOUT PUESTO DE PREMONTAJE DEL FRENO DE SERVICIO	40
• FIGURA 4.3-L MESA DE TRABAJO Y PRESNA DE PREMONTAJE DEL FRENO DE SERVICIO	40
• FIGURA 4.3-M LAYOUT DEL PREMONTAJE DEL FRENO DE APARCAMIENTO	41
• FIGURA 4.3-N PRESNA DE PREMONTAJE DEL FRENO DE APARCAMIENTO	42
• FIGURA 4.4-A VOLTEADOR Y ELEVADOR DEL PUESTO DE MONTAJE FINAL	43
• FIGURA 4.4-B MOVIMIENTOS DEL VOLTEADOR.....	43
• FIGURA 4.4-C LAYOUT 3D DEL PUESTO DE MONTAJE FINAL	44
• FIGURA 4.4-D BANCOS DE FUGA Y RODADURA	44
• FIGURA 4.4-E EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 1	45
• FIGURA 4.4-F EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 2	46
• FIGURA 4.4-G EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 3.....	47
• FIGURA 4.4-H EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 4.....	48
• FIGURA 4.4-I EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 5	49
• FIGURA 4.4-J BANCO DE PRUEBAS HIDRÁULICO	49
• FIGURA 4.4-K EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 6	50
• FIGURA 4.4-L BANCO DE PRUEBAS DE RODADURA.....	50
• FIGURA 6.1-A ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DEL DIFERENCIAL	56
• FIGURA 6.1-B SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL.....	57
• FIGURA 6.2-A CALIBRE REGLAJE RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL	58
• FIGURA 6.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL	59
• FIGURA 6.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (DIFERENCIAL)	59
• FIGURA 6.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL	60
• FIGURA 6.2-E ÚTILES PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (DIFERENCIAL)	61
• FIGURA 6.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (DIFERENCIAL)	61
• FIGURA 6.4-A COMPROBACIÓN DEL RODAMIENTO EN EL TRANSPORTADOR CON GALGA DE 0.08 MM	63
• FIGURA 6.4-B ENSAYO PARA OBTENER LA INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA SILICONA.....	65
• FIGURA 6.4-C SUPLEMENTO CON SILICONA	66
• FIGURA 6.6-A COMPROBACIÓN DE LA PRECARGA FINAL	67
• FIGURA 6.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE LA PRECARGA FINAL	67
• FIGURA 7.1-A ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS EJE INTERMEDIO	69
• FIGURA 7.1-B SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO ..	70
• FIGURA 7.2-A CALIBRE EMPLEADO EN EL REGLAJE RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO.....	71
• FIGURA 7.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO	71
• FIGURA 7.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (EJE INTERMEDIO)	72
• FIGURA 7.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO.....	72

• FIGURA 7.2-E ÚTILES PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE INTERMEDIO)	73
• FIGURA 7.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE INTERMEDIO)	73
• FIGURA 7.3-A SUPLEMENTO EN LA BASE PATRÓN DEL CALIBRE DEL EJE INTERMEDIO.	74
• FIGURA 7.4-A DIFERENCIA DE MEDIDA AL ASENTAR LOS RODAMIENTOS	76
• FIGURA 7.5-A ESTUDIO DE PUESTA A PUNTO CALIBRE EJE INTERMEDIO	78
• FIGURA 7.5-B MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO	79
• FIGURA 7.6-A COMPROBACIÓN DEL JUEGO FINAL EN EL REGLAJE DEL RODAMIENTO DEL EJE INTERMEDIO	80
• FIGURA 7.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL JUEGO FINAL.....	81
• FIGURA 8.1-A UBICACIÓN DE LA FENÓLICA	83
• FIGURA 8.1-B ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA.....	84
• FIGURA 8.1-C SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA	85
• FIGURA 8.2-A CALIBRE REGLAJE FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA	86
• FIGURA 8.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO	86
• FIGURA 8.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (EJE INTERMEDIO)	87
• FIGURA 8.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA	87
• FIGURA 8.2-E ÚTILES PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA.....	87
• FIGURA 8.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (FENÓLICA)	88
• FIGURA 8.3-A PROBABILIDAD PREVIA AL ESTUDIO DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA.....	89
• FIGURA 8.4-A ENSAYO DE MEDIDAS EN EL CONTORNO DEL EJE DE ENTRADA.	91
• FIGURA 8.4-B MOVIMIENTO DE BASCULACIÓN DEL EJE	92
• FIGURA 8.4-C PRUEBA DE MEDIDA DESPLAZANDO EL EJE DE ENTRADA.....	93
• FIGURA 8.5-A ÚTILES NUEVOS PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA	94
• FIGURA 8.5-B PROCESO NUEVO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA	94
• FIGURA 8.5-C VARIACIÓN DEL PROCESO PARA ENSAYO CON MEDICIÓN MEDIA.	96
• FIGURA 8.5-D RESULTADOS DEL ENSAYO REALIZANDO LA MEDIDA MEDIA.	97
• FIGURA 8.5-E PROBABILIDAD DEL REGLAJE DE LA FENOLICA DEL EJE DE ENTRADA.....	98
• FIGURA 8.5-F PANTALLA DEL CALIBRE NUEVO	99
• FIGURA 8.5-G ÚTIL CON SONDAS PARA MEDIDA DEL EJE DE ENTRADA.....	99
• FIGURA 8.5-H ÚTIL CON SONDAS PARA MEDIDA DE TAPA DEL EJE DE ENTRADA.....	100
• FIGURA 8.5-I PROCESO DE REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA	100
• FIGURA 8.6-A COMPROBACIÓN DE LA JUEGO FINAL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA.....	102
• FIGURA 8.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL JUEGO FINAL.....	102
• FIGURA 9.1-A ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA.....	105
• FIGURA 9.1-B SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA	106
• FIGURA 9.2-A CALIBRE REGLAJE RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA.....	107

• FIGURA 9.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA.....	107
• FIGURA 9.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (EJE DE ENTRADA) ...	108
• FIGURA 9.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA.....	108
FIGURA 9.2-E ÚTILES PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE DE ENTRADA)	109
• FIGURA 9.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE DE ENTRADA)	109
• FIGURA 9.5-A ÚTIL COMPROBACIÓN REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA	112
• FIGURA 9.6-A ESTUDIO CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA	113
• FIGURA 9.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL JUEGO FINAL.....	114
• FIGURA 10.1-A RESUMEN DE PROBABILIDAD DE REALIZAR CORRECTAMENTE LOS REGLAJES	116
• FIGURA 10.2-A STANDARD DE TIEMPO PARA LAS COMPROBACIONES DE LOS REGLAJES	117
• FIGURA 10.2-B NUEVO STANDARD DE TIEMPOS COMPROBANDO TODAS LAS TRANSMISIONES	117
• FIGURA 10.2-C SOBRECOSTE DEBIDO A LA COMPROBACIÓN DEL 100% DE LOS REGLAJES ..	117
• FIGURA 10.2-D BALANCE GASTOS FRENTE A BENEFICIOS DEL PROYECTO	118

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Introducción y Objetivos

1.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto fin de carrera *Análisis y Mejora de los procesos de reglaje de la transmisión PRODRIVE*", surge dentro de John Deere Ibérica S.A. para mejorar el porcentaje de repetitividad de reglajes ejecutados con éxito, así como, de eliminar posibles errores en los procesos y herramientas de reglaje durante el ensamblaje de la transmisión PRODRIVE.

Durante el montaje de este producto, se realizan 4 reglajes y para ello, se utilizan una serie de calibres y útiles determinados que dejan cada ajuste de la transmisión dentro de su especificación de forma directa. Posteriormente se puede comprobar el funcionamiento correcto de los mismos mediante un proceso de medición manual.

El problema principal es que no se repiten las medidas, es decir la realización directa de los reglajes, no deja a veces a estos fuera de tolerancia. El porcentaje de repetibilidad es la probabilidad que tiene un método directo de conseguir un resultado dentro de tolerancia.

Al no repetir los calibres, se tiene que comprobar manualmente cada reglaje en cada una de las transmisiones montadas, teniendo también que reprocesar las cajas (transmisiones PRODRIVE) fuera de tolerancia en la línea, lo que implica un aumento considerable del tiempo de producción.

En este proyecto se realizará el análisis y mejora de cada uno de los reglajes, revisando el proceso, las herramientas y el grado de formación/habilidad de los operarios que realizan los mismos, mediante el uso de algunas herramientas six-sigma.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos principales a cumplir por parte de John Deere Ibérica S.A. en este proyecto son:

- Aumentar la repetitividad de los calibres usados en cada reglaje.
- Reducir el tiempo de reproceso en línea causado por reglajes erróneos.
- Reducir las comprobaciones del 100% de las transmisiones, a una sola unidad por turno en cada reglaje.
- Eliminar la posibilidad de una devolución por parte del cliente a causa de un deterioro prematuro de la transmisión como consecuencia de un reglaje defectuoso.

Como objetivos secundarios a nivel personal y formativo son:

- Comprender el funcionamiento y el entorno de trabajo de una empresa multinacional líder en el mercado.
- Obtener conocimientos prácticos del funcionamiento de una línea de montaje y de cómo se trabaja en el taller.

1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Este proyecto se divide en 4 partes:

- Una primera a modo de introducción y localización de la empresa en la que se ha desarrollado este proyecto. (Capítulo 2)
- Una segunda en la cual se explica todo el funcionamiento y características tanto del producto, como de la línea donde es ensamblado. (Capítulo 3 y 4)
- La tercera parte contiene la parte principal de este proyecto. Durante el capítulo 5 se realiza una pequeña introducción sobre la metodología empleada en este proyecto y a continuación se explican los métodos de reglaje, el análisis del problema y las soluciones adoptadas. Este análisis se realiza de forma individual para cada reglaje:
 - Reglaje de los rodamientos del diferencial (Capítulo 6).
 - Reglaje de los rodamientos del eje intermedio (Capítulo 7).
 - Reglaje de la fenólica del eje de entrada (Capítulo 8).
 - Reglaje de los rodamientos del eje de entrada (Capítulo 9).
- La cuarta y última parte, se exponen los resultados en probabilidad de repetir con éxito cada reglaje, el análisis económico y las conclusiones finales. (Capítulo 10).

CAPITULO 2: JOHN DEERE IBÉRICA S.A.

RESUMEN

El objetivo de este capítulo es realizar una descripción general de la compañía Deere & Company, y de forma particular de su filial española, John Deere Ibérica S.A.

En la actualidad, Deere & Company proporciona empleo directo a 56.000 personas, dispone de una red de más de 60 fábricas, centros de producción, y más de 5.000 concesionarios para dar servicio a sus clientes.

La compañía consta de tres divisiones principales: "Agrícola y Espacios Verdes", "Construcción", "Forestal" y "División Financiera".

John Deere Ibérica S.A. fue adquirida en 1956 por Deere & Company, que hasta 1994 estuvo produciendo distintas series de tractores John Deere.

En la actualidad, la factoría de Getafe se dedica exclusivamente a la fabricación de componentes para el resto de las fábricas de Deere & Company en el mundo. Las principales actividades que se realizan en esta factoría son la fabricación de ejes y engranajes, así como del montaje de mandos finales y cajas de transmisión para cosechadoras.

Los destinos de estos componentes son factorías de la compañía en Alemania, Francia, EE.UU., Argentina, México y Brasil, lo que incluye a John Deere Ibérica S.A. entre las 160 primeras empresas exportadoras de nuestro país.

2.1 JOHN DEERE & COMPANY

2.1.1 JOHN DEERE EN EL MUNDO

John Deere es el primer fabricante a nivel mundial de maquinaria agrícola y de equipos para la mecanización de espacios verdes, así como uno de los principales productores de maquinaria para construcción y para explotaciones forestales. Las actividades de la compañía incluyen desde la fabricación y la comercialización de motores y transmisiones hasta los servicios financieros, seguros sanitarios y la creación de nuevas tecnologías.

La empresa fue fundada en Illinois (EEUU) en el año 1837, dedicada en su origen a la fabricación de aperos para la agricultura. No fue hasta 1914 cuando Deere & Company lanzó su primer tractor. Su expansión internacional se inició sobre 1950, convirtiéndose en el mayor fabricante mundial de maquinaria agrícola, condición que ha mantenido desde entonces.

Actualmente, Deere & Company (comúnmente conocido como John Deere) se encuentra presente en todo el mundo, proporcionando empleo directo a 56.000 personas. A su vez, dispone de una red de más de 60 fábricas y centros de producción, con más de 5.000 concesionarios para dar servicio a sus clientes. Las acciones de Deere & Company cotizan regularmente en los mercados de Nueva York, Chicago y Frankfurt.

Las numerosas fábricas y centros de producción de esta compañía se encuentran localizados en EEUU, Canadá, Argentina, Brasil, México, China, India, Francia, Alemania, Finlandia, España, Rusia, Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica, tal y como muestra la Figura 2.1-A



○ FIGURA 2.1-A LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS PRODUCTIVOS DE JOHN DEERE

John Deere es considerado uno de los pioneros en la industria de la agricultura. Sin embargo, a veces se pasa por alto que es una empresa ampliamente diversificada, organizada principalmente en tres segmentos de negocio:

- División Agrícola y Espacios Verdes (Ag & Turf)
- División Construcción y Forestal (Construction & Forestry)
- División Financiera (John Deere Credit)

2.1.1.1 DIVISIÓN AGRÍCOLA Y ESPACIOS VERDES

Esta división estratégica de Deere & Company, es conocida como Ag & Turf, y supone más del 70% del volumen de ventas de la compañía. Sus productos principales se dividen en dos grandes grupos, por un lado los tractores, cosechadoras, empacadoras, sembradoras, segadoras, etc., dentro de la sección dedicada a la maquinaria agrícola; Y por otro lado, la maquinaria para el mantenimiento de áreas verdes y campos de golf, así como productos para viveros, cortacéspedes, etc. dentro de la sección de espacios verdes.

2.1.1.2 DIVISIÓN CONSTRUCCIÓN Y FORESTAL

Esta división, también conocida como C & F (Construcción & Forestry), supone en torno a un 15% del volumen de ventas de Deere & Company. Sus productos son principalmente maquinaria para la construcción y obras públicas así como para la industria forestal.

2.1.1.3 DIVISIÓN FINANCIERA

Esta división, también conocida como JDC (John Deere Credit), está dedicada a servicios de financiación de equipos para clientes, de seguros de cosecha y de energía eólica.

2.1.2 JOHN DEERE IBÉRICA

2.1.2.1 HISTORIA

La historia de John Deere Ibérica S.A. comienza en la segunda mitad de los años 50, cuando Deere & Company inicia su expansión por el continente europeo con la adquisición de la marca alemana Lanz.

Entre las instalaciones que adquirió esta compañía, se encontraba la fábrica de tractores que Lanz Ibérica tenía situada en el municipio madrileño de Getafe. Dicha fábrica, en la que desde 1956 se producían los famosos tractores Lanz Bulldog, se destinó a la producción de tractores para el mercado español y así, en 1963, salió de la cadena de montaje el primer tractor John Deere fabricado en España, una unidad del modelo JD 505.



○ FIGURA 2.1-B MODELO DE TRACTOR JD 505

Con el paso de los años, la fábrica de Getafe fue produciendo distintas series de tractores John Deere: la Serie 10, la Serie 20 (1969), la Serie 30 (1973), la Serie 35 (1975), la Serie 40 (1980) y la Serie 50 (1987).

Los productos de la marca John Deere demostraron día a día su rendimiento y calidad en los campos de la agricultura española. Ya en el año 1972 esta marca encabezaba las listas del mercado de cosechadoras y empacadoras. Dos años más tarde el liderazgo aumentaba, y John Deere encabezaba por primera vez el mercado de tractores de ruedas en España, posición líder que ha mantenido año tras año desde entonces.

En el año 1987 se diversifica la actividad de la fábrica donde aparte de tractores, se empiezan a producir componentes para las otras cadenas de ensamblaje de Deere & Company. Con el objetivo de aprovechar las oportunidades que brinda la apertura de los mercados europeos, en el año 1992 se decide centralizar la producción de los tractores de la nueva Serie 6000 en la factoría de Mannheim (Alemania). De esta forma, dos años más tarde sale de la fábrica de Getafe el último tractor que hasta hoy se ha producido en sus instalaciones.

Desde ese momento, la unidad de Getafe se especializa en la fabricación de componentes para el resto de las fábricas de Deere & Company en el mundo

Gracias a la excelente calidad de sus productos, la fábrica de Getafe ha adquirido una posición de especial importancia en el organigrama industrial de Deere & Company. Hoy en día, miles de máquinas vendidas en todo el mundo llevan componentes salidos de sus líneas de producción.

En el año 1988 la actividad de la unidad comercial de John Deere Ibérica S.A., se diversifica mediante la creación de la nueva división de Espacios Verdes. La responsabilidad de esta

nueva división, en un principio destinada a comercializar productos para el cuidado de jardines, se amplía en el año 1992 cuando se introducen en España los productos John Deere para el cuidado de campos de golf.

Otro momento clave de la compañía en España fue la apertura del Centro de Formación de John Deere en Toledo en el año 1989. A él asisten más de 1.000 personas al año a los distintos programas de formación que se preparan tanto para empleados y concesionarios, como para clientes y estudiantes de escuelas agrarias.

En 1994 John Deere Ibérica S.A., que hasta entonces operaba solo en España, extiende su área de responsabilidad para productos agrícolas al territorio portugués. Desde entonces la penetración de John Deere en los distintos sectores del mercado portugués en los que participa, ha crecido continuamente gracias al esfuerzo y dedicación de los profesionales que forman la red comercial de John Deere en Portugal.

2.1.2.2 JOHN DEERE IBÉRICA EN LA ACTUALIDAD

Actualmente, John Deere Ibérica S.A. es la filial comercial de John Deere en España y Portugal, donde se comercializa con productos agrícolas para el cuidado de espacios verdes y campos de golf. La red comercial está formada por 71 concesionarios y más de 163 puntos de servicio, en los que trabajan permanentemente sobre los 1.300 profesionales.

Además de por la unidad comercial, John Deere Ibérica S.A. está formada por la unidad fabril, cuya sede social se encuentra en Getafe (Madrid). Esta factoría, que pertenece a la División de Cosechadoras de la división agrícola de Deere & Company, cuenta con modernas instalaciones para la fabricación de componentes de maquinaria agrícola.

La totalidad de la producción de esta fábrica, tiene como destino otras factorías de la compañía en Alemania, Francia, EE.UU., Argentina, Méjico y Brasil, lo que incluye a John Deere Ibérica S.A. entre las 160 primeras empresas exportadoras de España.

Las instalaciones de la factoría, en la que trabajan cerca de 1000 personas, ocupan una superficie cubierta de 60.000 m² sobre un área total de 20 hectáreas de parcela. Ver Figura 2.1-C.



○ FIGURA 2.1-C VISTA AÉREA DE LA FACTORIA DE JOHN DEERE IBÉRICA S.A.

La fábrica de Getafe está constituida por cuatro divisiones de producción especializada, conocidas con el nombre de minifábricas que son seleccionadas por grupos de componentes similares, en las que las actividades de producción, fabricación, mantenimiento, calidad y embarques son propias, mientras que las tareas de planificación y administración se encuentran centralizadas.

Estas cuatro minifábricas son: Cajas Pesadas de Transmisión, Cajas Ligeras de Transmisión, Ejes y Engranajes y Mandos Finales. Cada una de estas minifábricas está constituida por diferentes células de montaje (en el caso de Cajas Pesadas, Cajas Ligeras de Transmisión y Mandos Finales), y células de fabricación (en el caso de Ejes y Engranajes y Mandos Finales).

2.1.2.3 PRODUCTOS

De acuerdo con las cuatro divisiones de producción especializada de las que consta John Deere Ibérica S.A., se puede realizar la siguiente clasificación de productos:

- **Cajas pesadas de transmisión:** Estas cajas de transmisión se caracterizan porque su peso supera los 100 Kg. La factoría de Getafe produce una amplia variedad de cajas de transmisión para máquinas cosechadoras de cereales, algodón y forraje, producidas en Harvester y Des Moines (EEUU) y Zweibrucken (Alemania).



 FIGURA 2.1-D PRODUCTOS MINIFÁBRICA CAJAS PESADAS

- **Cajas ligeras de transmisión:** Estas cajas de transmisión se montan en segadoras y tractores para espacios verdes, empaquetadoras, tractores agrícolas, maquinaria de siega y maquinaria de construcción. Su principal diferencia respecto a las transmisiones pesadas es que su peso no supera los 100 Kg.



 FIGURA 2.1-E PRODUCTOS MINIFÁBRICA CAJAS LIGERAS

- **Ejes y engranajes:** El área de producción de ejes y engranajes fabrica piezas vitales para las minifábricas de cajas pesadas y cajas ligeras. También se encarga de la producción de engranajes para motores de John Deere que se producen en Dubuque y Waterloo (EEUU), Saran (Francia), Torreón (Méjico) y Rosario (Argentina). Las claves de la fabricación de estos componentes son una mecanización muy precisa, una elevada minuciosidad en los procesos de tratamiento térmico y un control de calidad continuo y riguroso.



 FIGURA 2.1-F PRODUCTOS MINIFÁBRICA EJES Y ENGRANAJES

- **Mandos finales y enganches tripuntales:** La producción especializada de enganches tripuntales para tractores de muy diversa potencia, está programada para atender la demanda de las factorías de tractores de Mannheim (Alemania), Augusta (EEUU), Saltillo (Méjico) y Horizontina (Brasil). La producción de mandos finales se distribuye a las fábricas de Harvester y Des Moines (EEUU), Zweibrucken (Alemania) Dubuque y Davenport (EEUU).



 FIGURA 2.1-G PRODUCTOS MINIFÁBRICA MANDOS FINALES

Para la fabricación de todos estos componentes se lleva a cabo un proceso muy preciso de mecanizado de piezas y montaje. El perfecto funcionamiento de los componentes se asegura sometiendo los conjuntos a estrictos controles de calidad y rigurosas pruebas que se realizan en las propias líneas de montaje final.

2.1.2.4 ORGANIGRAMA GENERAL

La estructura organizativa de John Deere Ibérica, se desarrolla en torno a siete grandes áreas que dependen directamente del Director General de la Fábrica y Consejero Delegado de John Deere Ibérica S.A., tal y como puede verse en la Figura 2.1-H.

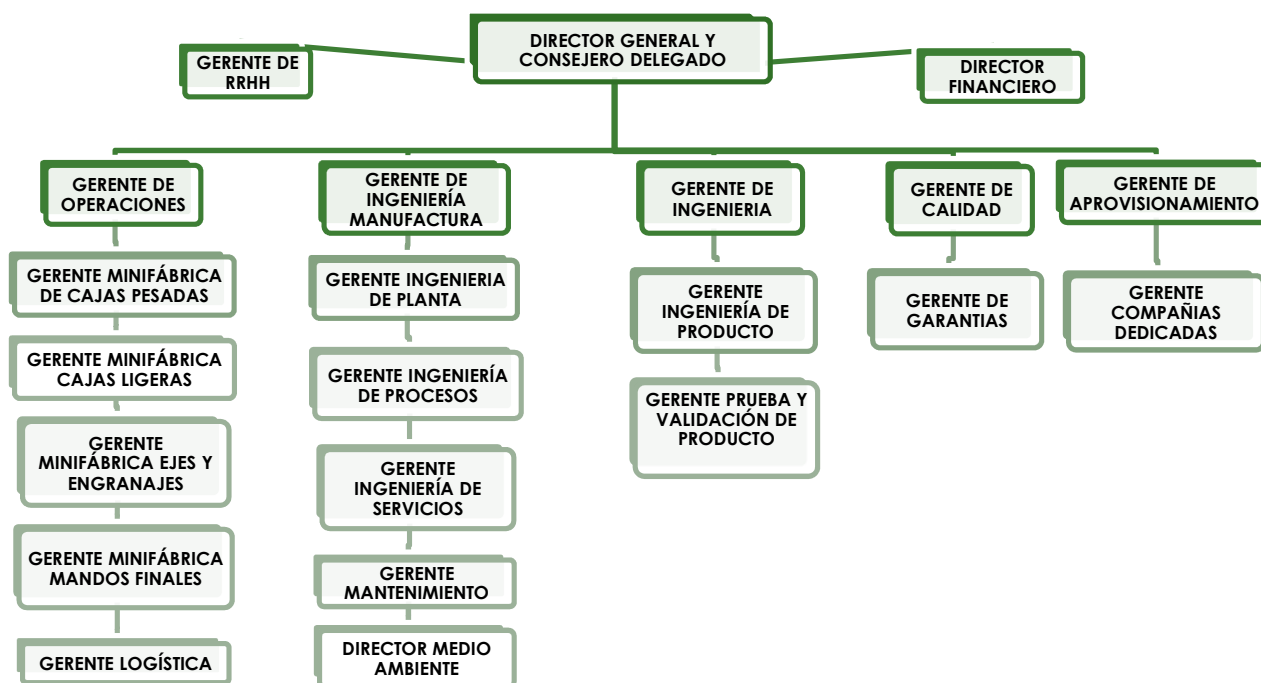


 FIGURA 2.1-H ORGANIGRAMA GENERAL DE JOHN DEERE IBERICA S.A

Las responsabilidades del director general y de los cargos que dependen directamente de este son las siguientes:

- **Director General:** Asegurar que las unidades organizativas y sus gerentes cumplen con todas las políticas y objetivos vitales de la compañía.
- **Gerente de Operaciones:** Responsable de la producción, embarques, seguridad, control de inventarios, calidad, costes de los productos y repuestos manufacturados en las

distintas minifábricas que tiene a su cargo, así como de la gestión de aprovisionamientos.

- **Gerente de Recursos Humanos:** Responsable de contratación y formación del personal de la compañía; control del desarrollo profesional del personal; discusión, negociación y administración del Convenio Colectivo; relaciones laborales con el Comité de Empresa y Centrales Sindicales; servicio de prevención, higiene y seguridad; y Servicio Médico.
- **Gerente Aprovisionamiento:** Responsable del Aprovisionamiento, Calidad y Coste de los materiales comprados.
- **Gerente de Ingeniería de Manufactura:** Responsable de las ingenierías de Planta, Procesos, Servicios, Industrial, Utillaje y Mantenimiento de Equipos e Instalaciones (área donde se enmarca el presente Proyecto Fin de Carrera).
- **Gerente de Ingeniería:** Responsable de las ingenierías de Producto, así como de coordinar e implantar el desarrollo de los componentes, desde las etapas iniciales del proyecto hasta la producción.
- **Director Financiero:** Responsable de Contabilidad, facturación, estado de cuentas, nominas, costos, presupuestos y precios.
- **Gerente de Calidad:** Responsable del control y supervisión del Sistema de Gestión de Calidad. También es responsable del liderazgo, coordinación y enfoque de las diferentes actividades de Calidad, asegurando que el Sistema de Calidad se desarrolla, documenta, implanta y mantiene.

2.1.2.5 POLÍTICA DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

John Deere tiene implantado un Sistema de Gestión de Calidad y Medio Ambiente, cumpliendo con los requisitos de las Normas UNE-EN ISO 9001 y UNE-EN ISO 14001, que le permiten llevar a cabo su misión de proveer, por medio de sus actividades de ingeniería, fabricación y ventas, componentes de la más alta calidad a las unidades John Deere en el mundo, potenciando la satisfacción de los clientes, la innovación, el crecimiento rentable, la protección medioambiental y la mejora continua.

CAPITULO 3: LA TRANSMISIÓN PRODRIVE

3.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES Y USO DENTRO DE LA COSECHADORA

La transmisión PRODRIVE (Figura 3.1-A), es la que transfiere la potencia desde la fuente hasta las ruedas, para dar capacidad de movimiento (motricidad) a la cosechadora. Su ubicación dentro de la cosechadora se puede ver en la Figura 3.1-B.

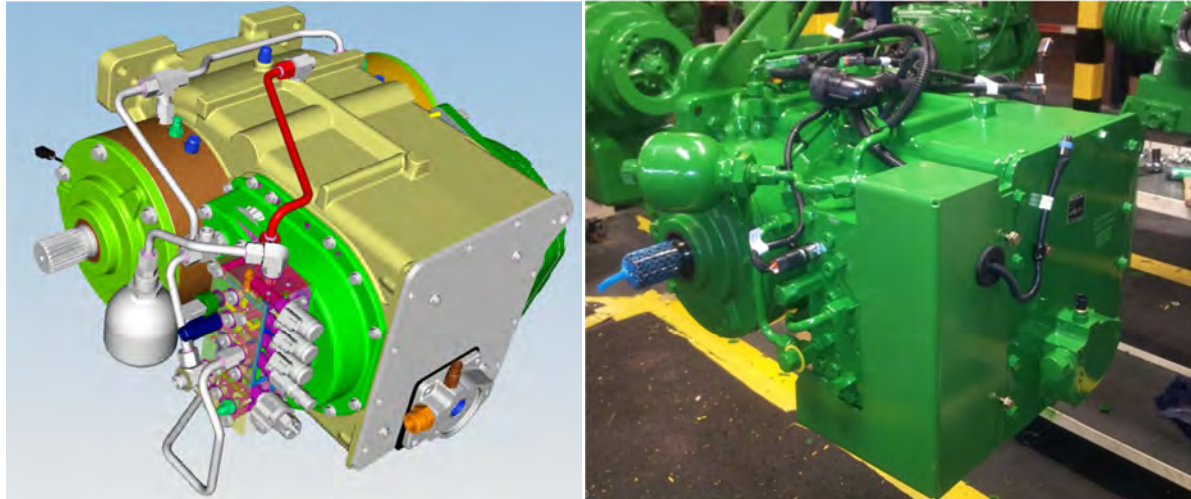


 FIGURA 3.1-A TRANSMISIÓN PRODRIVE

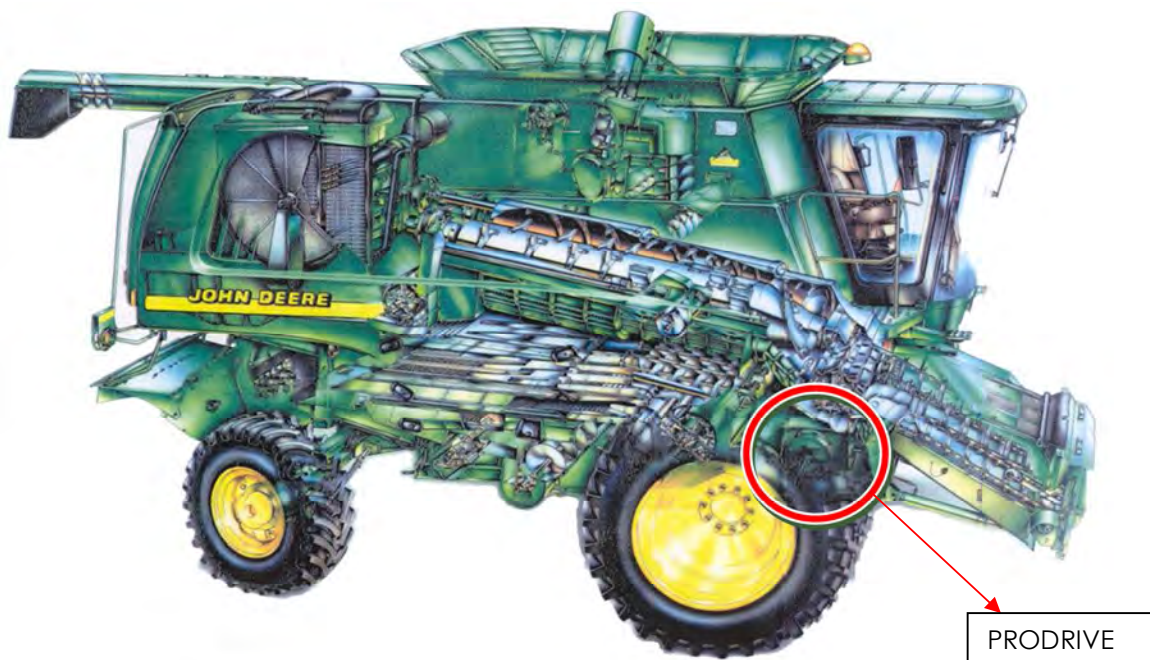


 FIGURA 3.1-B UBICACIÓN DE LA TRANSMISIÓN EN LA COSECHADORA

Esta transmisión, que tiene un peso de 417,5 kilogramos está diseñada para soportar las duras condiciones de trabajo en el campo. Dependiendo del cliente, existen varios modelos, siendo

lo que cambia de una a otra, son características, como las relaciones de velocidades, protecciones, capacidad de frenado, entre otros.

Posee dos velocidades (Low & High), que varían entre sí mediante el eje de entrada, que posee engranajes planetarios controlados por embragues. El control de la caja de transmisión es completamente automática, por lo cual, el usuario final al conducir no establece la relación, sino que es la misma cosechadora la que conecta la más adecuada en cada momento.

La transferencia de potencia a través de la transmisión sigue el camino señalado en la Figura 3.1-C. El motor hidráulico entrega la potencia al eje de entrada, de este eje se pasa a otro eje intermedio que hace de engranaje intermedio para llegar a un mecanismo diferencial, de aquí sale la potencia por dos ejes, uno para cada rueda.

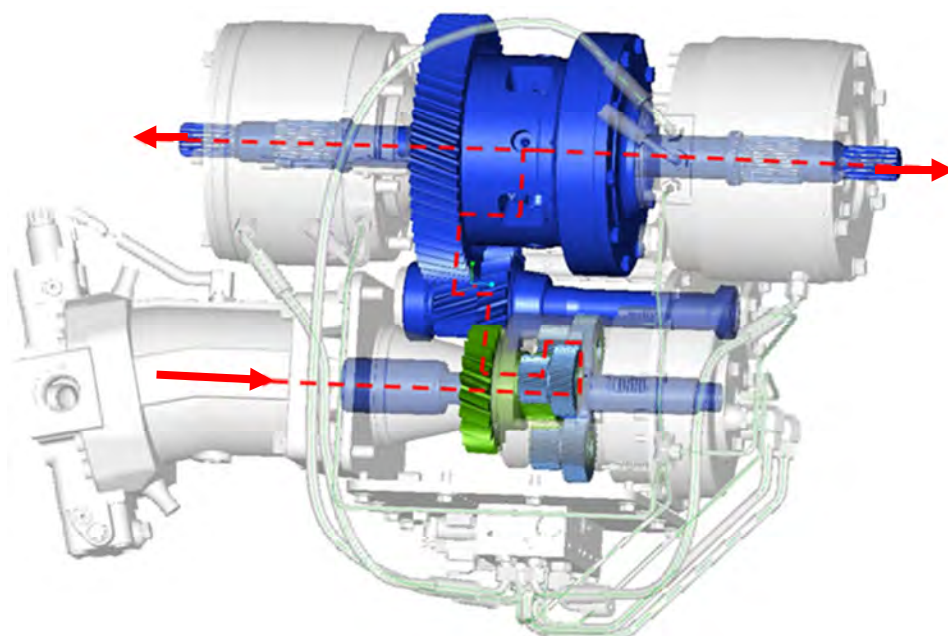


 FIGURA 3.1-C TRANSFERENCIA DE POTENCIA EN LA TRANSMISIÓN PRODRIVE

En la Figura 3.1-D se puede ver la relación de transmisión para cada una de las marchas, en función del número de dientes de cada engranaje que interviene en el proceso.

Relación de velocidad				
Marcha	Eje de entrada	Eje intermedio	Diferencial	Total
<i>Punto muerto</i>	0	30/26	13/60	0
<i>LOW</i>	$(21/30) \cdot (18/25)$	30/26	13/60	0,126
<i>HIGH</i>	1	30/26	13/60	0,25

 FIGURA 3.1-D RELACIONES DE VELOCIDAD DE LA TRANSMISIÓN PRODRIVE

3.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE LA TRANSMISIÓN

La transmisión tiene los componentes principales que se ven en la Figura 3.2-A mostrada a continuación:

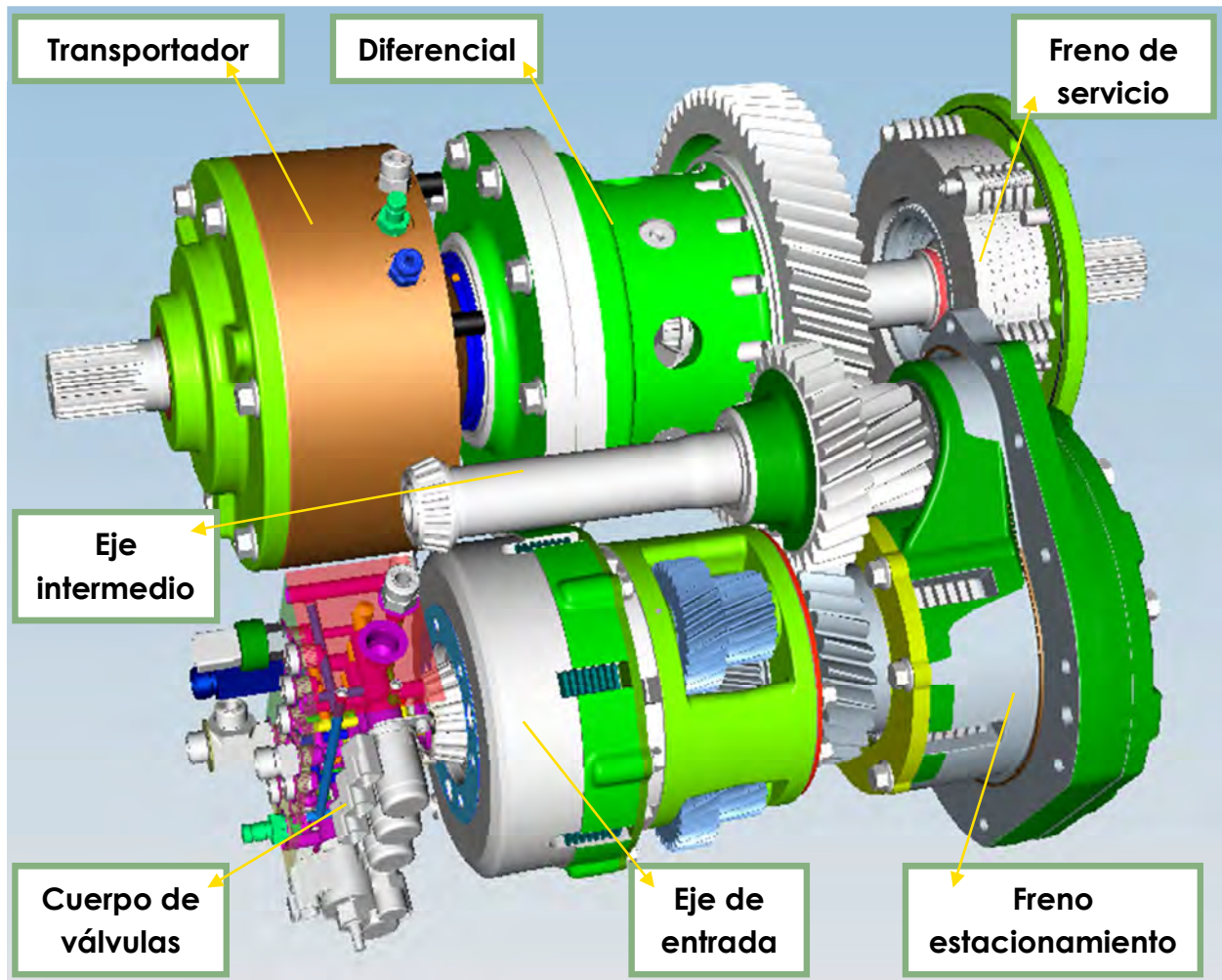
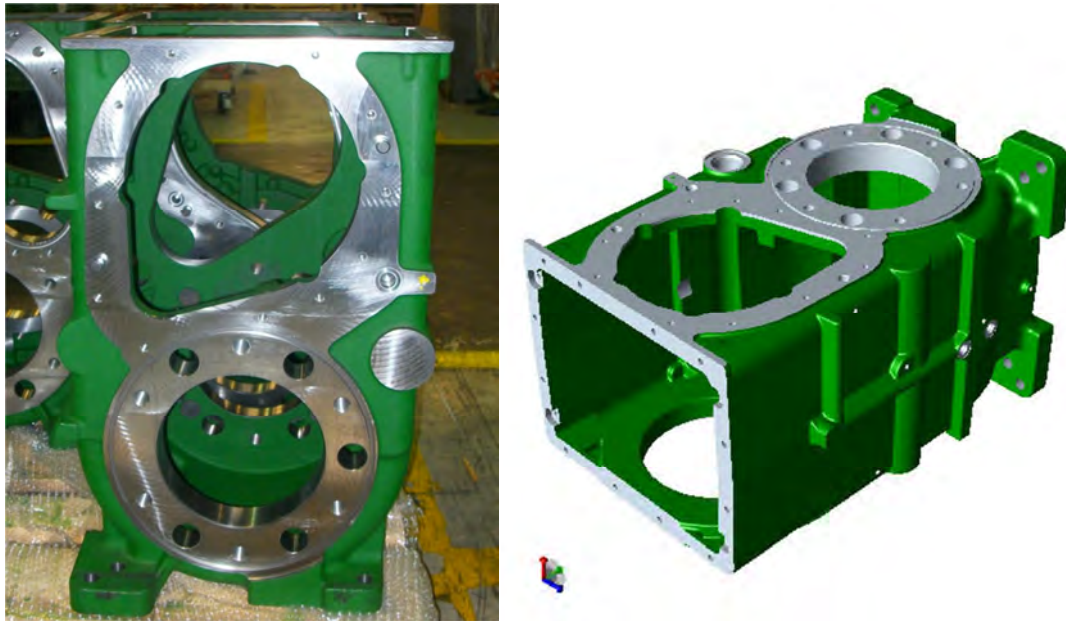



 FIGURA 3.2-A COMPONENTES DE LA PRODRIVE

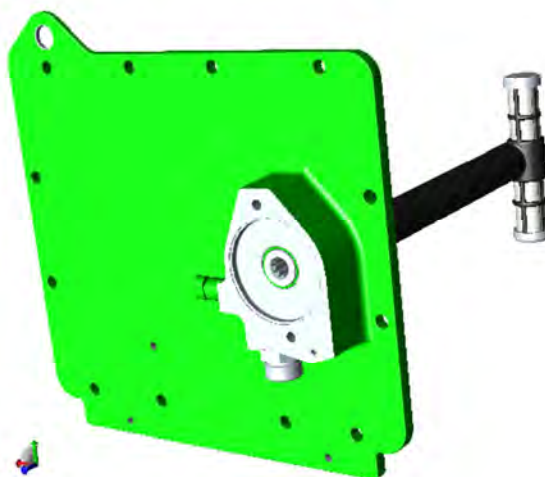
3.2.1 CARCASA Y TAPA FRONTAL


La carcasa (Figura 3.2-B) define el espacio donde se encuentran los componentes internos de la transmisión y el aceite que lubrica, refrigera y limpia los mismos. Esta se cierra con los componentes externos y con la una tapa frontal (figura 3-C) que incluye la bomba con la que se hace circular el aceite. A la salida de la bomba se encuentra el filtro que recoge la suciedad y virutas que transporta el aceite.



 FIGURA 3.2-B CARCASA

Los materiales de fabricación son acero para la carcasa y aluminio para la tapa.




 FIGURA 3.2-C TAPA FRONTAL

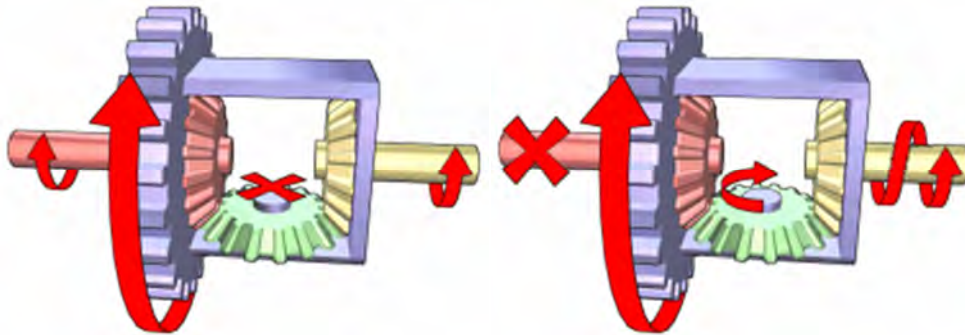
3.2.2 DIFERENCIAL

El diferencial (Figura 3.2-D) permite que las ruedas motrices de la cosechadora giren a una velocidad diferente. Esto sucede gracias a una serie de engranajes en "U" que se encuentran entre los ejes de cada rueda.



 **FIGURA 3.2-D DIFERENCIAL**

En la Figura 3.2-E puede verse el funcionamiento del mismo. En la parte de la izquierda se ve el diferencial sin actuar y en la segunda imagen, se ve como si se bloquea el eje izquierdo, el derecho obtendrá el doble de revoluciones, ya que girará las "n" revoluciones que les corresponden a ese eje más las "n" revoluciones que no puede girar el otro.



 **FIGURA 3.2-E FUNCIONAMIENTO DEL DIFERENCIAL** (THIS IMAGE WAS ORIGINALLY UPLOADED ON EN.WIKIPEDIA.ORG BY USER: WAPCAPLET)

Además en este caso, lleva un embrague hidráulico, que permite el bloqueo de la misma. Al ser parte de una cosechadora, que trabaja en campo abierto con condiciones climatológicas diversas, es posible que esta pierda tracción en una rueda al quedarse atrapada en barro o en otro medio, lo que produce que la fuerza viaje por el diferencial por el camino que ofrezca menor resistencia, produciéndose un giro loco de la rueda sin tracción, evitando el movimiento de la cosechadora. Con el bloqueo, el agricultor puede salir de estas situaciones, debido a que al estar bloqueada, permite repartir potencia por igual a ambas ruedas, independientemente de cuál ofrece más o menos resistencia.

En la Figura 3.2-F se puede ver que al estar desactivado el freno, el grupo cónico puede girar libre, permitiendo que exista una diferencia de revoluciones de forma compensada entre los dos ejes.

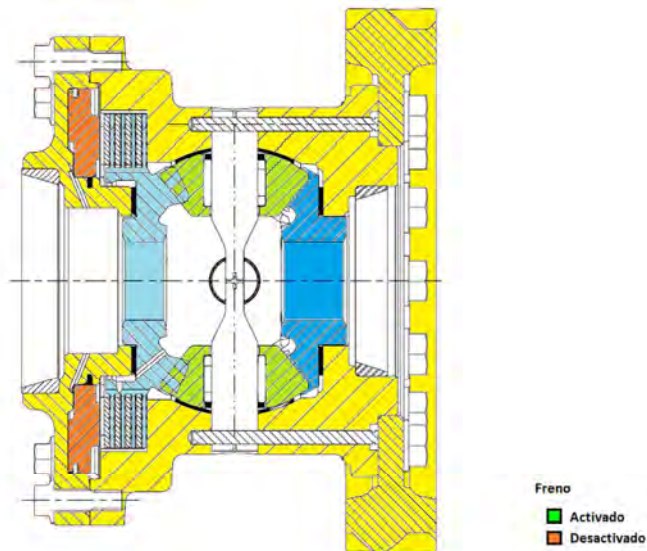


FIGURA 3.2-F PLANO DEL DIFERENCIAL CON EL BLOQUEO DESACTIVADO

En la Figura 3.2-G se puede ver que al estar activado el freno, el grupo cónico no puede girar, quedando fijado a la carcasa mediante el freno. De esta forma la salida en revoluciones de cada eje serán iguales entre sí, y a su vez igual a las revoluciones de giro del diferencial.

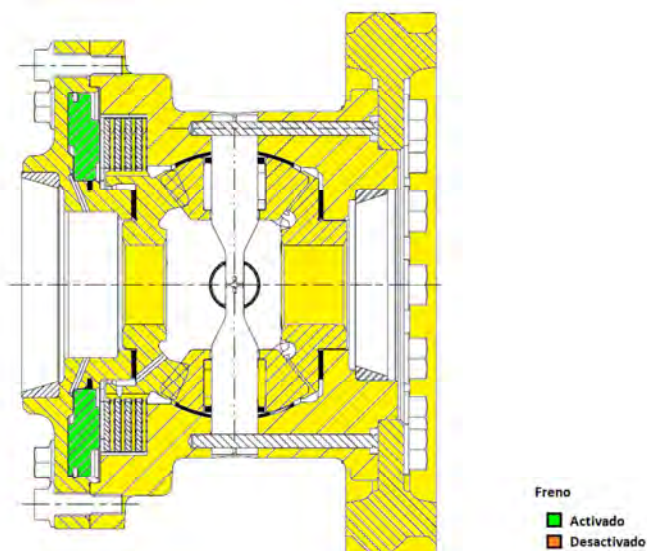



FIGURA 3.2-G PLANO DEL DIFERENCIAL CON EL BLOQUEO ACTIVADO

3.2.3 EJE INTERMEDIO

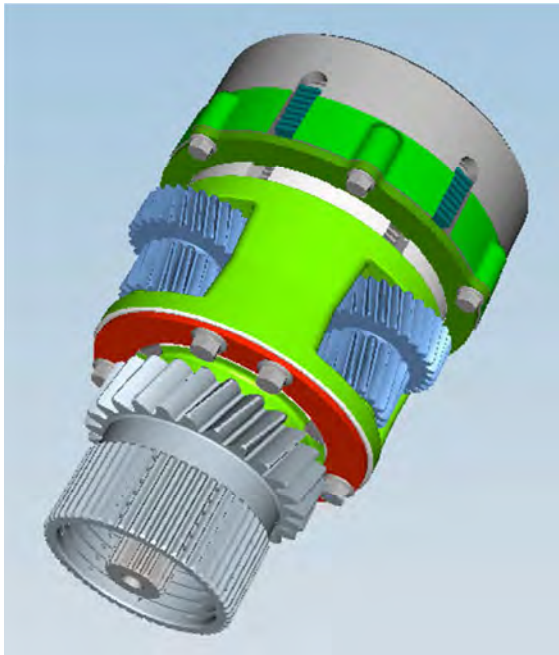
El eje intermedio (Figura 3.2-H), es un eje simple con dos engranajes encargado de transmitir la potencia entre el eje de entrada y el diferencial.




 FIGURA 3.2-H EJE INTERMEDIO

3.2.4 EJE DE ENTRADA

El eje de entrada (Figura 3.2-I) es el que controla la relación de velocidad a la entrada y la salida. Para ello se compone de varias partes: los engranajes planetarios y los frenos.



 FIGURA 3.2-I EJE DE ENTRADA

→ **Los engranajes planetarios:** forman un conjunto en el que unos engranajes (planetarios), rotan alrededor de un engranaje central (solar). En la Figura 3.2-J se observa el giro de los mismos.

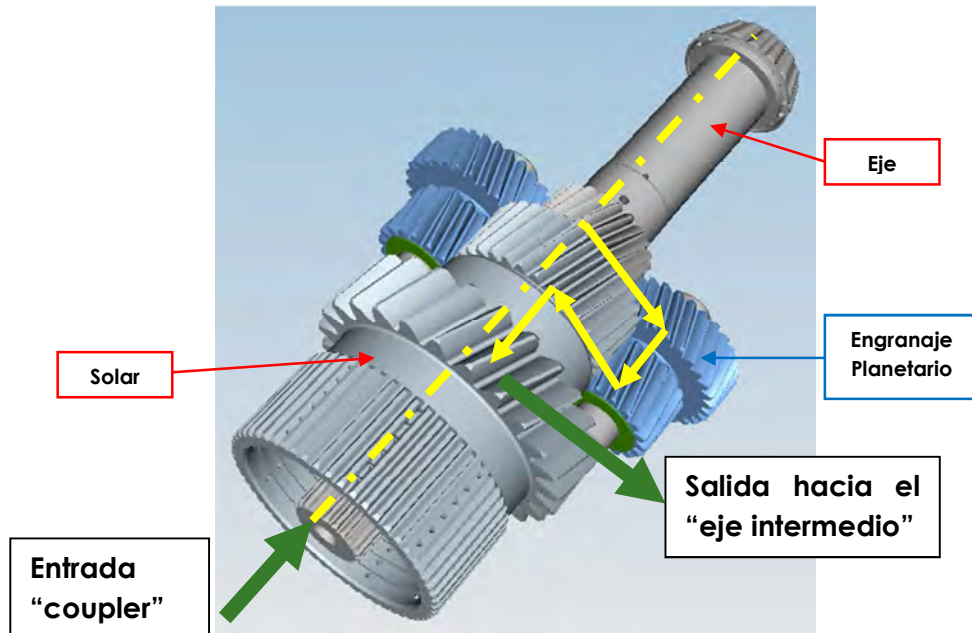


 FIGURA 3.2-J GIRO DE LOS ENGRANAJES PLANETARIOS

→ **Los frenos:** Existen dos frenos en este componente, que sirven para seleccionar una de las relaciones de velocidad que posee la caja. En la Figura 3.2-K se pueden ver los dos frenos que controlan el eje.

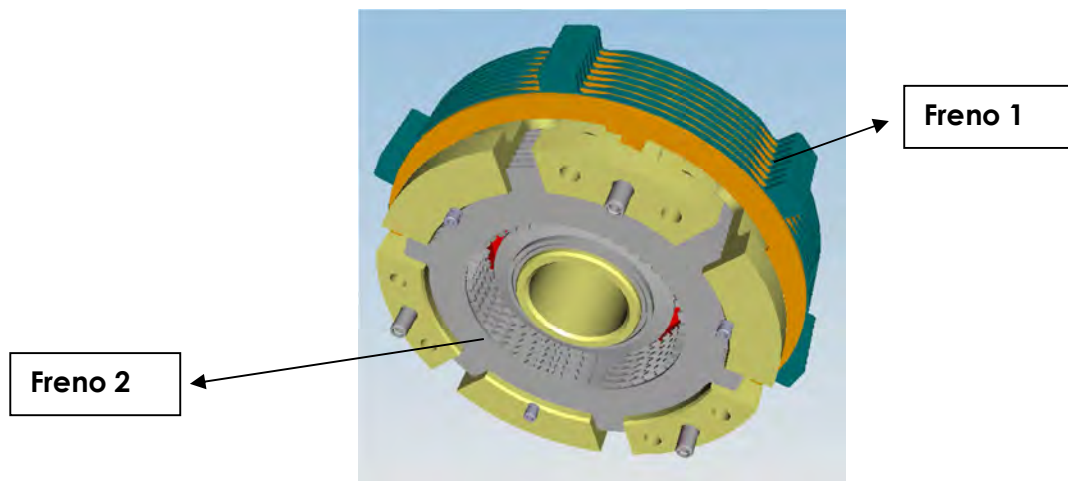
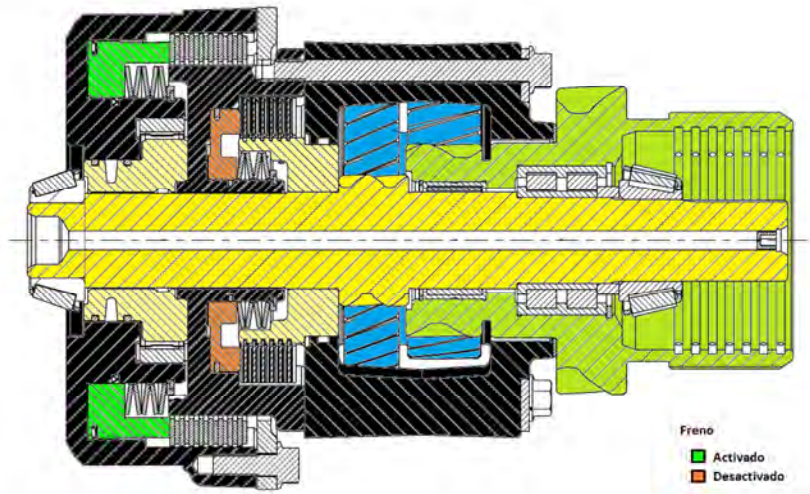


 FIGURA 3.2-K FRENOS DEL EJE DE ENTRADA

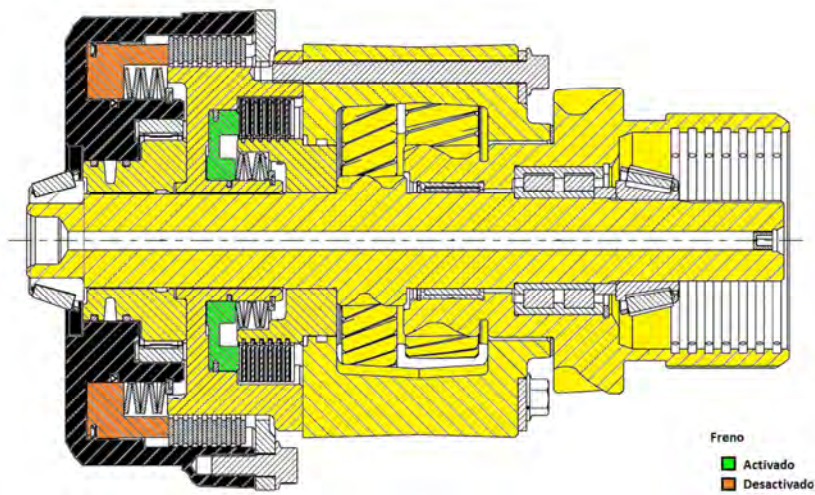
Según se activen o se desactiven se tienen las siguientes combinaciones:

- Freno 1 y 2 activo: Se bloquea la transmisión.
- Freno 1 activo: Marcha LOW.
- Freno 2 activo: Marcha HIGH.
- Freno 1 y 2 desactivados: Punto muerto.



 **FIGURA 3.2-L MARCHA LOW, EJE DE ENTRADA**

En este caso, se ve que el freno 1 fija los planetarios para que no tengan desplazamiento y sólo puedan girar sobre sí mismos. De esta forma, la potencia entra por el eje (amarillo), pasa a los engranajes planetarios (Azul), y de estos últimos pasan al solar (verde).



 **FIGURA 3.2-M MARCHA HIGH (DIRECTA), EJE DE ENTRADA**

En el caso de la marcha HIGH o directa, se activa el freno 2, consiguiendo que todo el eje se haga un bloque solidario (amarillo), debido a que el freno fija el eje, por el cual entra la

potencia, con el porta-planetarios. Esto hace que el planetario quede bloqueado y pueda trasladarse, pero no girar sobre sí mismo. Es decir que los tres planetarios al estar fijos con el eje y no poder girar, agarran el solar para terminar de formar el bloque completo. Así se consigue la transmisión directa (la velocidad de entrada es igual que la de salida)

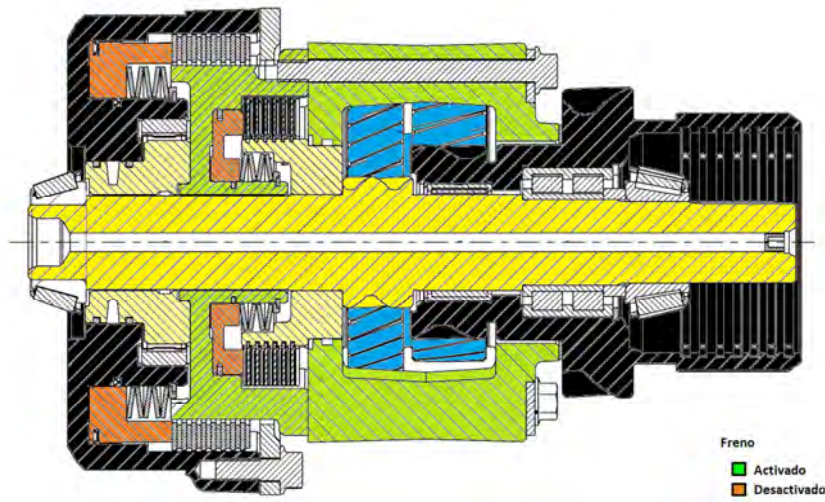


FIGURA 3.2-N PUNTO MUERTO, EJE DE ENTRADA

En el último caso, tenemos los dos frenos desactivados, por lo cual, se permite el movimiento del solar por un lado y del porta-planetarios (verde) por otro. El solar (negro), conectado a través del resto de elementos hasta las ruedas, ejerce un par de arrastre lo suficientemente elevado, para que la potencia entregada por el motor se vaya al porta-planetarios, que en comparación con el solar, apenas ofrece resistencias al movimiento.

3.2.5 TRANSPORTADORES

Los transportadores (Figura 3.2-O) sirven para fijar el diferencial. También hacen de carcasa, lubricación y accionamiento mediante pistón de los frenos de servicio. El transportador izquierdo es diferente del derecho, ya que el primero lleva un conducto con segmentos, que suministra presión al diferencial para controlar el freno que la bloquea.

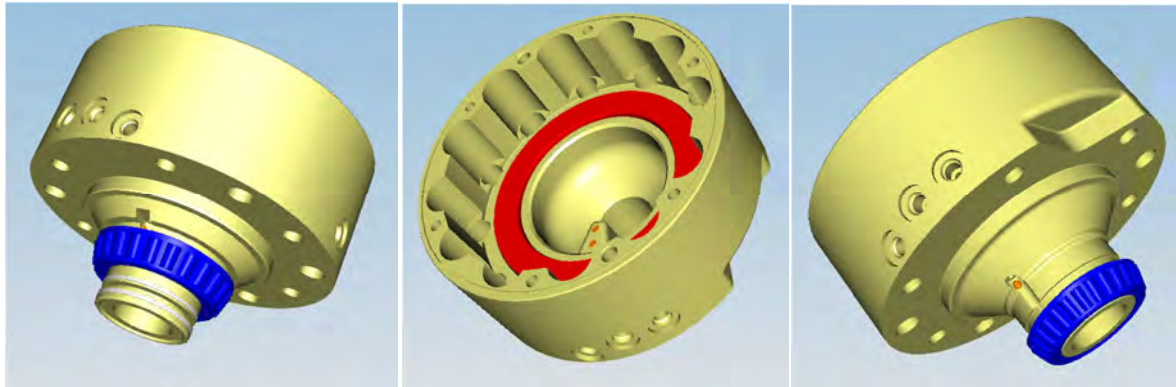


 FIGURA 3.2-O TRANSPORTADORES

3.2.6 FRENO DE SERVICIO

Este componente (Figura 3.2-P) lleva el eje que transmite desde el diferencial a la salida de la transmisión, y también tiene los ferodos y las pistas que sirven para frenar la cosechadora. Las pistas van fijadas a la carcasa del freno (transportador) mientras que los ferodos van solidarios al eje, con lo cual se produce el giro entre ferodo y pista. Una vez se requiera frenar, se suministra presión al pistón del transportador. Presionando este conjunto, se aumentan las fuerzas de rozamiento entre pistas y ferodos, produciendo una disipación de energía, que frena la transmisión.



 FIGURA 3.2-P FRENOS DE SERVICIO

3.2.7 FRENO DE APARCAMIENTO

El freno de aparcamiento (Figura 3.2-Q) es un componente ligado a la seguridad. El freno está unido a la salida del eje de entrada. Lo forman un grupo de ferodos, pistas de acero y anillos elásticos. Los anillos comprimen el conjunto, presionando el grupo de ferodos/pistas, de forma que en ausencia de presión, se mantenga bloqueada la caja. Esto es realmente útil, ya que cualquier fuga o pérdida de presión en el sistema, bloquearía el eje de entrada frenando la cosechadora y evitando que esta ruede sin control. También sujeta uno de los extremos del eje intermedio.

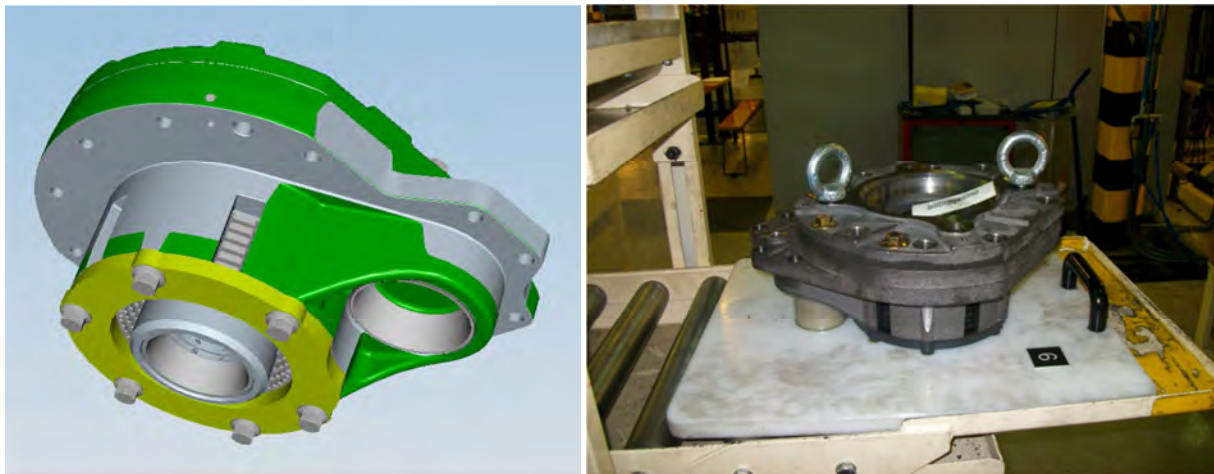


 FIGURA 3.2-Q FRENO DE APARCAMIENTO

En la siguiente figura se observa el sistema donde las Bellevilles (amarillo), anillas de sección cónica, que hacen de muelle, empujando el pistón (naranja) contra los ferodos. Este estará siempre presionado, a no ser que se introduzca aceite a presión bajo el pistón, con una fuerza suficiente para vencer la fuerza ejercida por las Bellevilles, liberando el freno, y con ello, el giro de la transmisión.

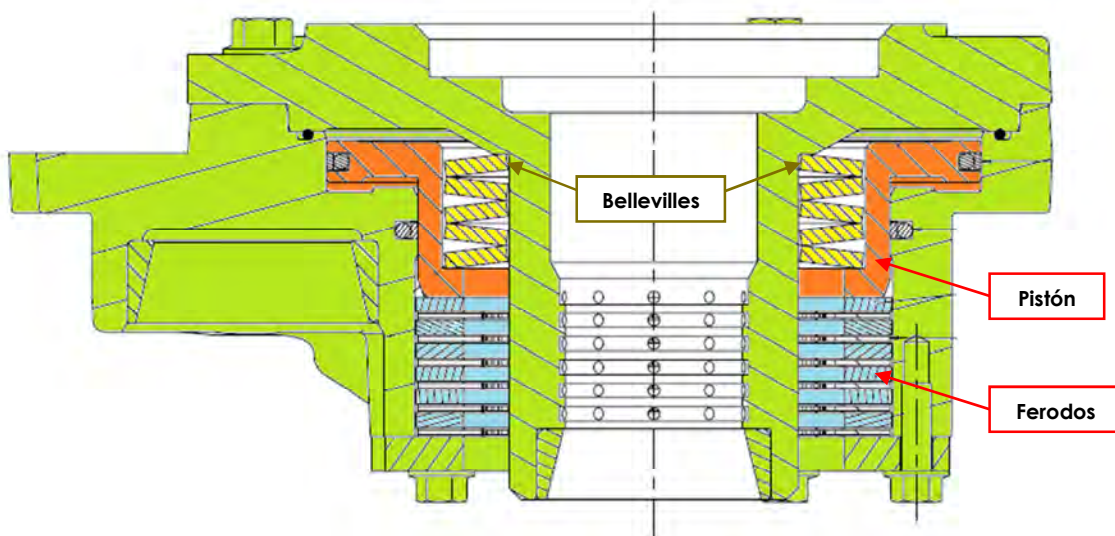


 FIGURA 3.2-R PLANO FRENO DE Freno de APARCAMIENTO

3.2.8 CUERPO DE VÁLVULAS

El cuerpo de válvulas realiza las maniobras hidráulicas de los distintos embragues, mediante electroválvulas, que controlan el paso de un fluido a presión. Este fluido sirve para activar estos embragues. Ver Figura 3.2-S.

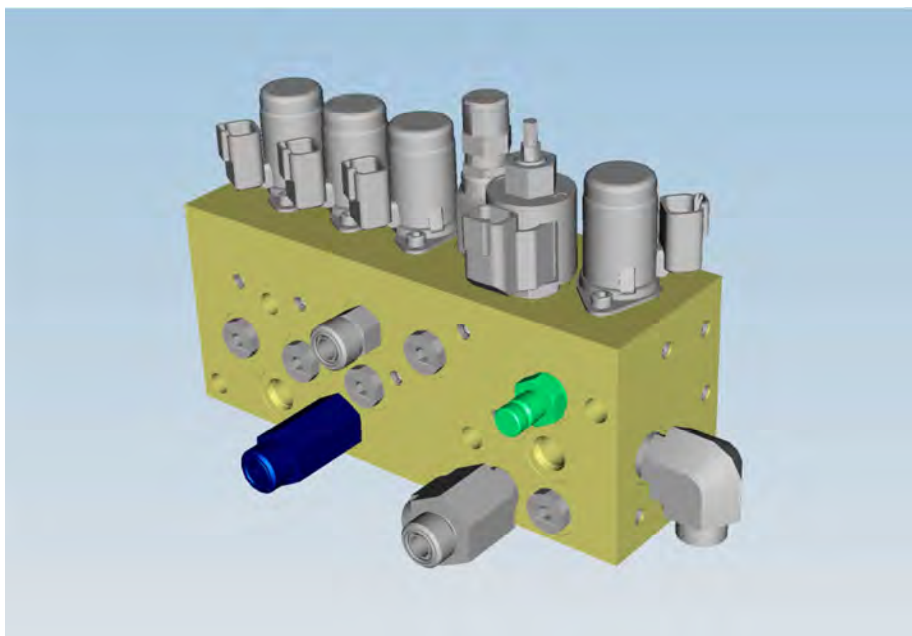
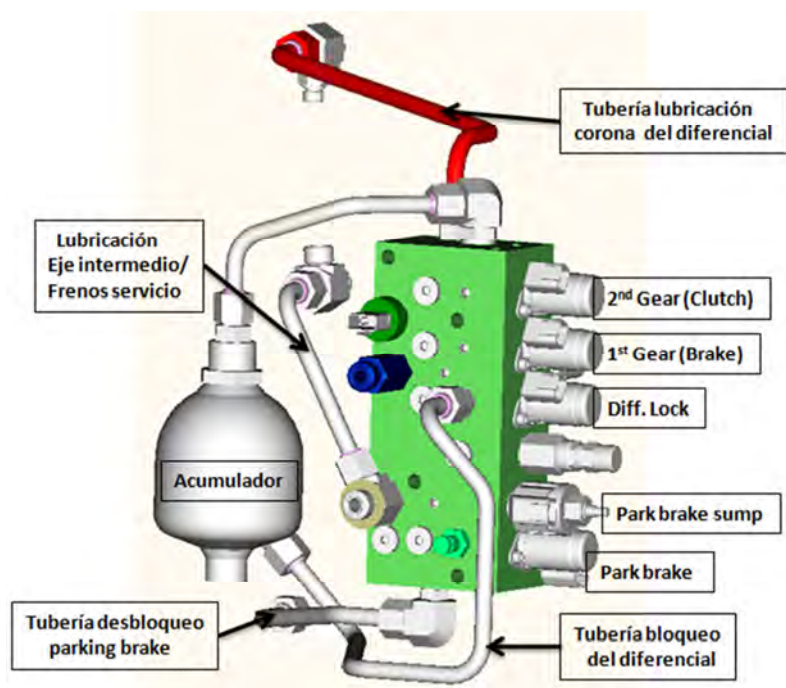


 FIGURA 3.2-S CUERPO DE VÁLVULAS

Parte del caudal de aceite que atraviesa el cuerpo de válvulas es conducido a través de distintos conductos con el propósito de lubricar algunos componentes internos. Ver Figura 3.2-T.



 **FIGURA 3.2-T FUNCIONES DEL CUERPO DE VÁLVULAS**

Todas las cajas llevan una electroválvula dedicada exclusivamente a la actuación del freno de estacionamiento, con su correspondiente sensor de presión y válvula de seguridad.

CAPITULO 4: LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE

LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE PRODRIVE.

La línea de ensamble de PRODRIVE está situada en la minifábrica de cajas pesadas de John Deere Ibérica S.A. La línea posee 7 puestos de montaje del producto final, un puesto de reproceso, y 8 puestos de premontajes (diferencial, eje intermedio, transportadores, dos puestos del eje de entrada, dos puestos de frenos y el freno de estacionamiento).

4.1 UBICACIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE

La línea que se encuentra en la nave 14 está dirigida por la minifábrica de cajas pesadas, en la que supervisores, ingenieros de producción, planificadores, compradores tácticos, logísticos e ingenieros de calidad, dirigidos por el gerente de la minifábrica, mantienen el correcto funcionamiento de la línea, asegurando la producción del número de cajas previstas, cumpliendo con las condiciones de calidad acordadas con los clientes.

En la Figura 4.1-A se puede observar la situación de la línea dentro de la nave 14.

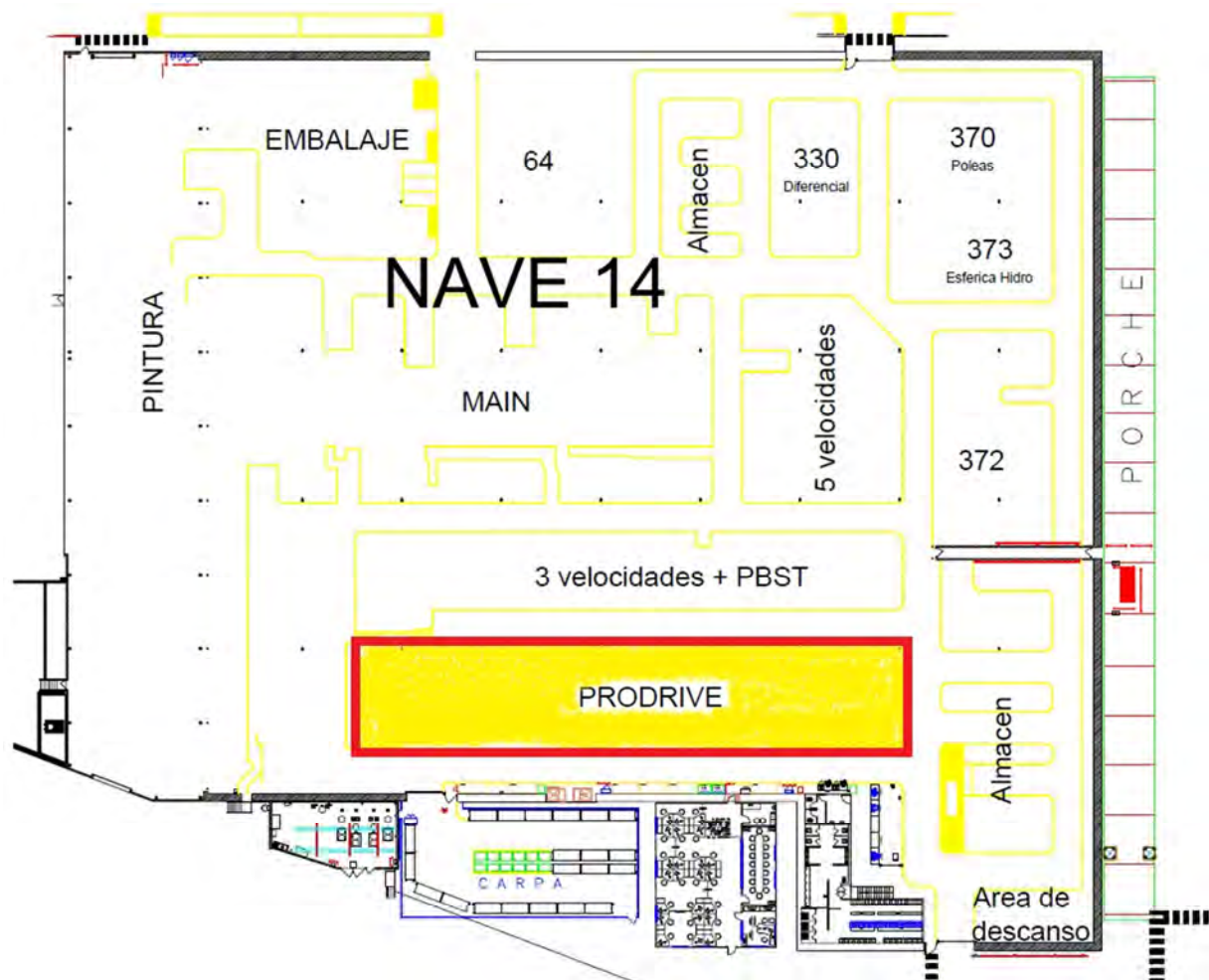


 FIGURA 4.1-A UBICACIÓN DE LA LINEA PRODRIVE DENTRO DE LA NAVE 14 EN JOHN DEERE IBÉRICA S.A.

4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA LÍNEA.

En el diseño de la línea, se tuvieron en cuenta diversos aspectos. En primer lugar se realiza un proceso detallado de cada paso del montaje que era necesario, donde manufactura daba soporte al diseño de las herramientas y útiles necesarios, mientras que el departamento de calidad estableció las pautas de control y verificación en los elementos de montaje críticos.

Ya con todo el proceso definido, en base de la producción diaria estimada, se definió el *layout* de la línea, estudiando cuantas estaciones de trabajo eran necesarias. También se elaboró el estudio de cómo se realizarían las entradas y salidas de material.

El diseño final de esta línea, forma un flujo cerrado Figura 4.2-A.

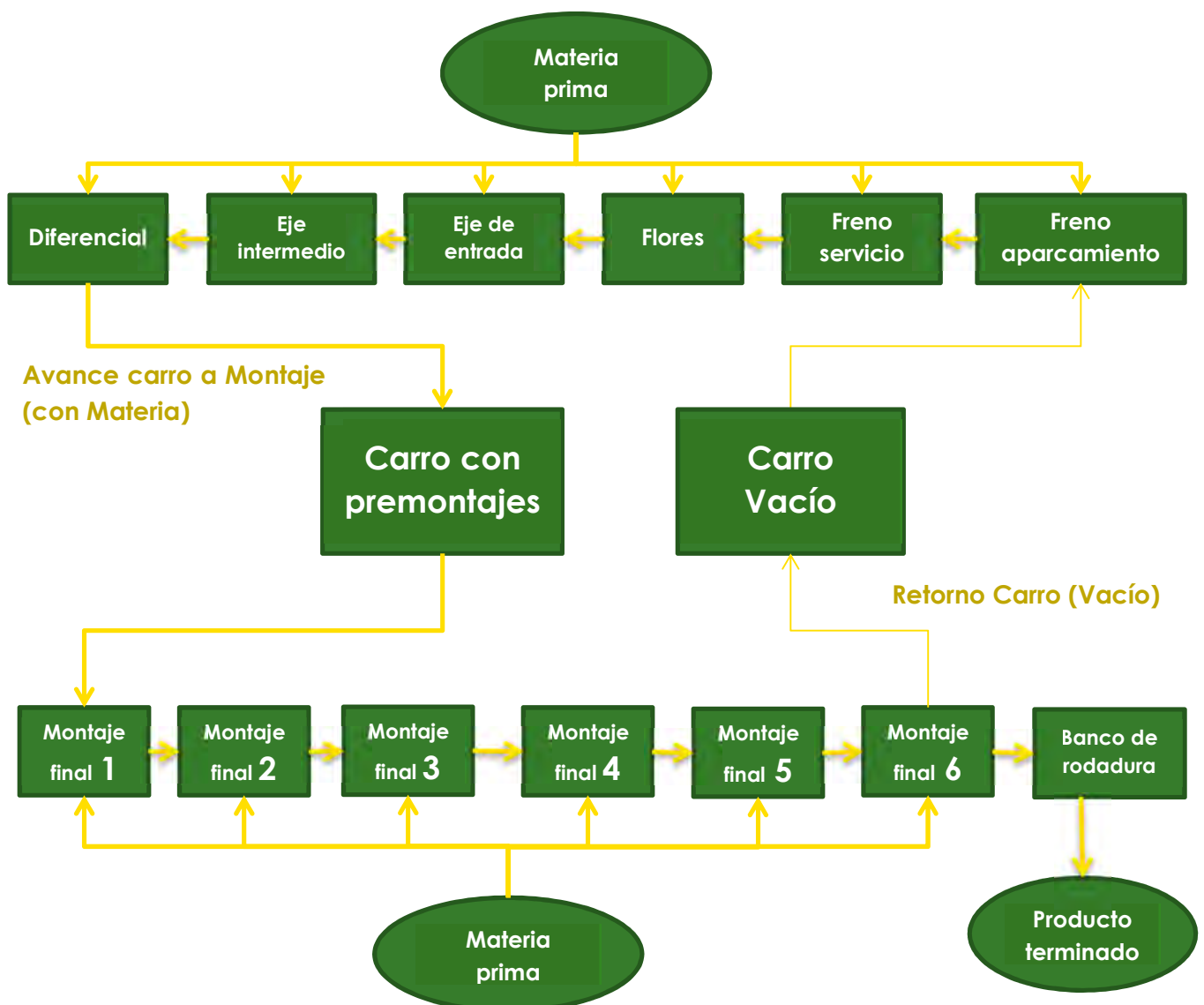


FIGURA 4.2-A DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÍNEA PRODRIVE

El núcleo de la línea lo forma un camino de rodillos, por el cual circulan los carros. Éstos se encuentran emparejados y cada pareja está formada por un carro en el que va el producto a ensamblar y por otro en el cual se dejan los premontajes. En la parte inferior del núcleo, se realizan los premontajes y la carga de los mismos en los carros. En la parte superior se encuentran las estaciones de montaje final. La entrada y salida de material se realiza mediante las estanterías situadas en el perímetro exterior de la línea.

La secuencia de montaje se explica a continuación haciendo referencias a los puntos descritos en la Figura 4.2-B.

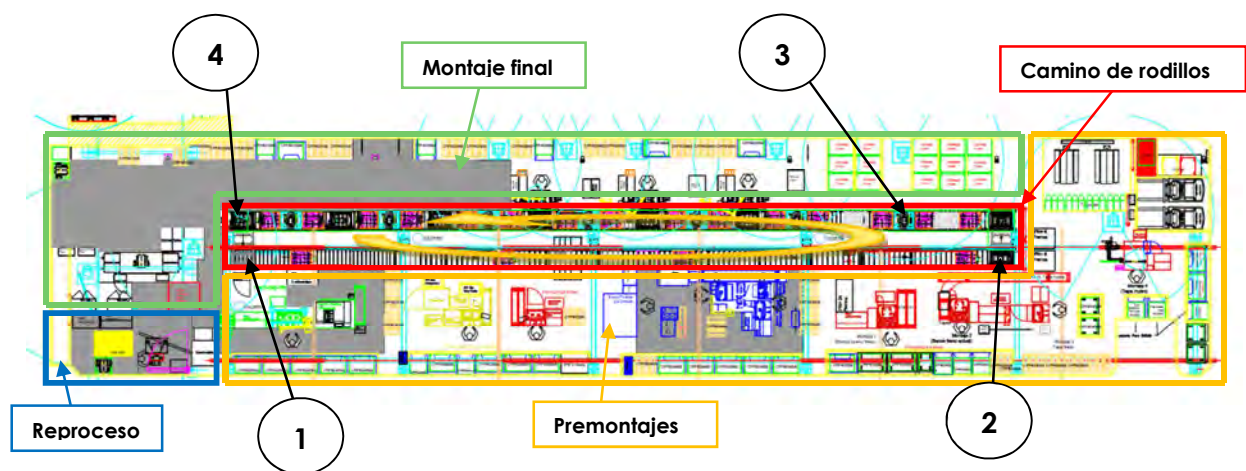


FIGURA 4.2-B DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA PRODRIVE

El ciclo comienza con los carros vacíos (1). En un lado de la línea se encuentran los puestos de premontajes, que van cargando los carros según avanzan. Cuando estos llegan al punto (2) ya están cargados con todos los premontajes. En la zona (3) se coloca la carcasa en el carro principal. Finalmente en el camino de (3) hasta (4) se encuentran los puestos de montaje final, en los que se va ensamblando la transmisión. En (4) se descarga la caja terminada al puesto del banco de rodadura y los carros retoman a (1) finalizando el ciclo.

El diseño de la línea, con amplios pasillos alrededor de la misma, permite que los operarios de logística, abastezcan la línea desde fuera con las carretillas elevadoras. Todas las estanterías de material se encuentran entre el exterior y el área de trabajo, haciendo de puente entre los empleados de logística y los montadores y facilitando la labor de ambos al no tener que cruzar sus caminos.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE PREMONTAJE.

Ahora se realizará una breve descripción de cada puesto, desde los premontajes hasta el puesto de reproceso.

En la Figura 4.3-A se observa donde se sitúa cada puesto en el layout de la línea.

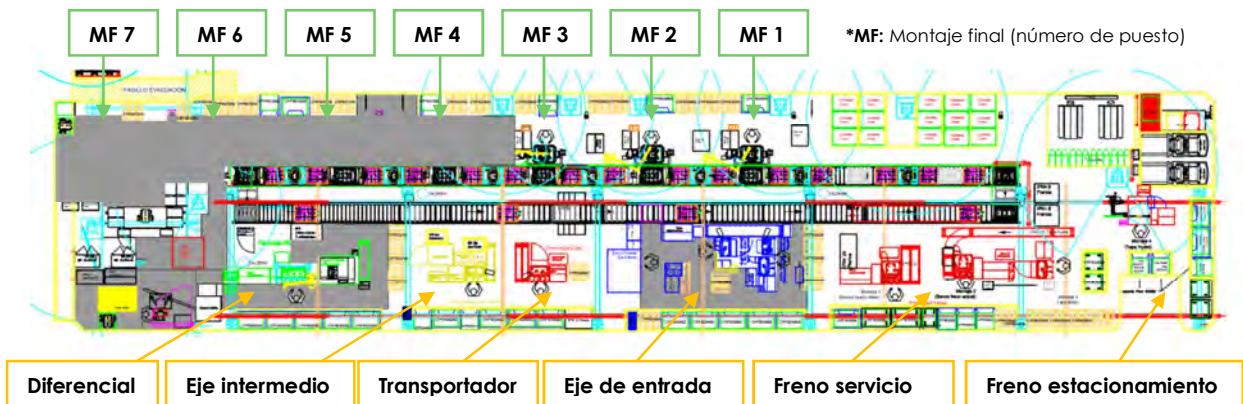


FIGURA 4.3-A PUESTOS DE LA LÍNEA PRODRIVE

4.3.1 PUESTO PREMONTAJE DIFERENCIAL

El puesto de premontaje del diferencial puede verse en la Figura 4.3-B

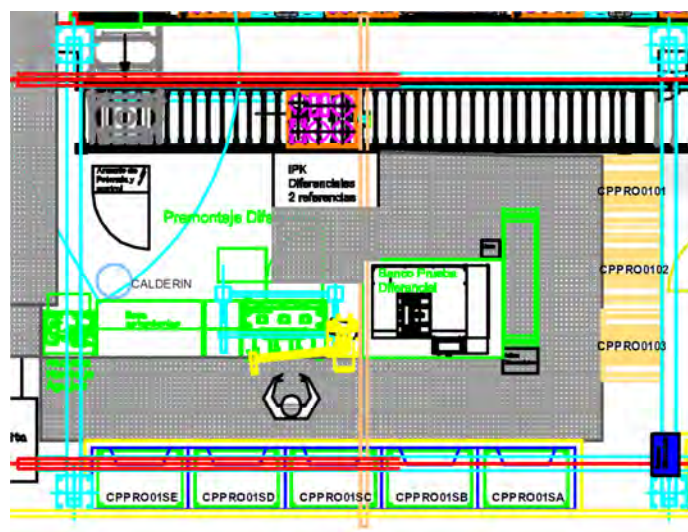


FIGURA 4.3-B LAYOUT PREMONTAJE DIFERENCIAL

Este está compuesto por una máquina para cargar las agujas de los rodamientos en los engranajes cónicos; una prensa (Figura 4.3-C) que permite ensamblar el freno interno que bloquea el mismo; y un banco de pruebas (Figura 4.3-C) en el cual se comprueban una serie de requisitos mecánicos que debe cumplir.



 FIGURA 4.3-C PRESA Y BANCO DE RODAJE DEL DIFERENCIAL.

4.3.2 PUESTO PREMONTAJE DEL EJE INTERMEDIO

Como puede verse en el plano la Figura 4.3-D, el puesto es bastante simple, debido a la sencillez del montaje del eje intermedio. Está compuesto solamente por una prensa, un congelador y un horno. El congelador sirve para contraer el eje, el horno para dilatar el piñón y la prensa para poder ensamblar ambos correctamente.

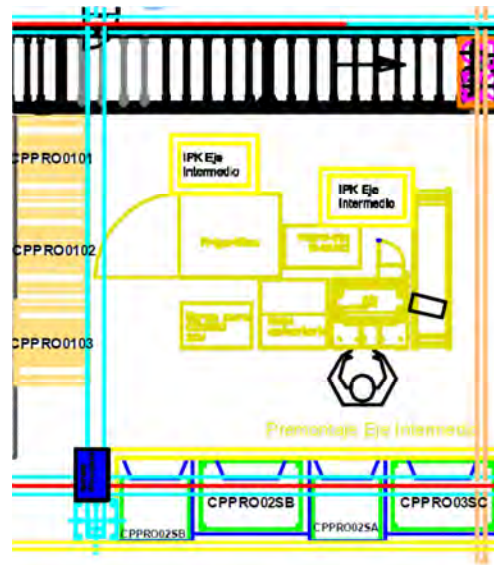


 FIGURA 4.3-D LAYOUT PREMONTAJE DEL EJE INTERMEDIO



 FIGURA 4.3-E PRESNA, HORNO Y CONGELADOR DEL PUESTO DE PREMONTAJE DEL EJE INTERMEDIO

4.3.3 PUESTO DE PREMONTAJE DE TRANSPORTADORES

En este puesto (Figura 4.3-F), se montan los transportadores. También se trata de un montaje sencillo ya que solo requiere una estantería para herramientas y una prensa hidráulica. La prensa se usa para colocar el rodamiento, y bajar el pistón del freno de servicio paralelamente, de esta forma se evita dañar las juntas del mismo.



 FIGURA 4.3-F LAYOUT DEL PREMONTAJE DEL TRANSPORTADOR



FIGURA 4.3-G PRENSA DEL PREMONTAJE DEL TRANSPORTADOR

4.3.4 PUESTO DE PREMONTAJE DEL EJE DE ENTRADA

Este premontaje está compuesto por dos puestos como se ve en el Plano de la Figura 4.3-H:

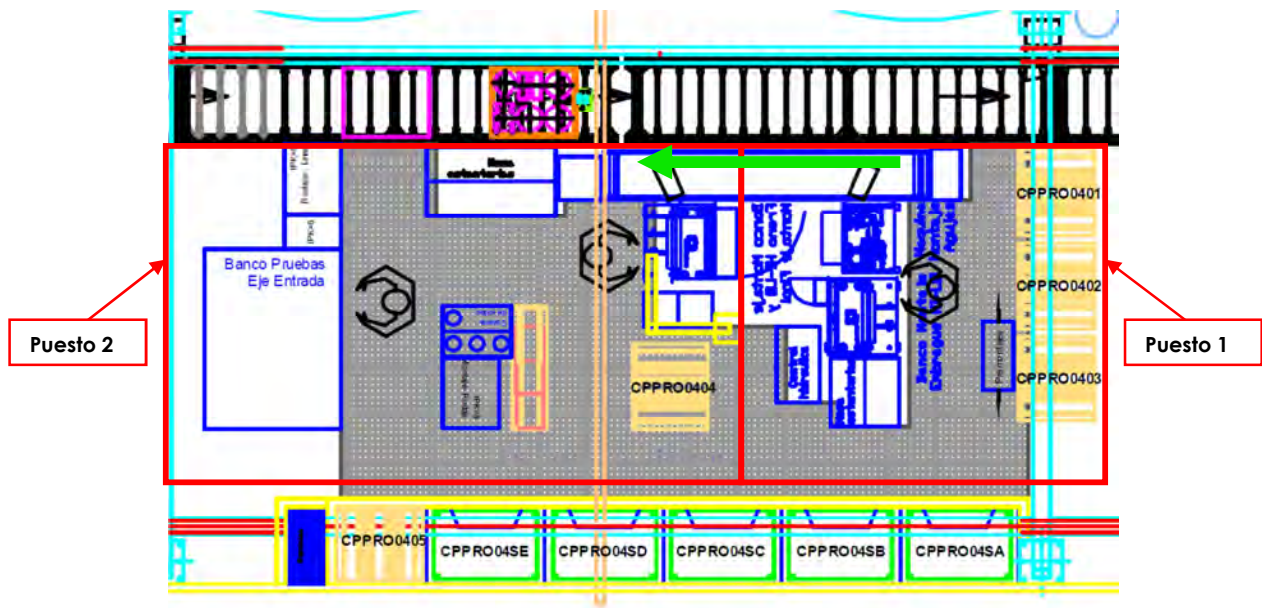


FIGURA 4.3-H LAYOUT DEL PREMONTAJE EJE DE ENTRADA

En el puesto uno se premontan los engranajes planetarios y el porta-engranajes. También se premonta el dispositivo que controla el freno 2. Para ello se usa una prensa y una máquina para cargar las agujas de los rodamientos de los engranajes.



FIGURA 4.3-I PRESNA Y CARGADOR DE AGUJAS DEL PREMONTAJE DEL EJE DE ENTRADA

Para este puesto tenemos que introducir la definición de POKA-YOKE, esta palabra viene del japonés y significa "a prueba de errores", y es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación, tratando de impedir de algún modo el error humano, y si se produce, que sea resaltado haciendo que sea muy obvio para quien lo ha cometido. Un ejemplo es el conector USB, que tiene un plástico interior que imposibilita que sea introducido al revés.

En el puesto 2 se termina de montar el eje y para ello se usa una prensa, y un POKA-YOKE. Este consiste en una mesa con huecos para las piezas más importantes del montaje, en el cual cada pieza tiene un sensor, y un sistema informático registra, que al inicio del montaje estén todas las piezas, y que luego según se van retirando, se siga el proceso en el orden adecuado. De no ser así el sistema no permite validar y registrar como bueno el montaje. Este premontaje también posee un banco de pruebas, que es muy importante, ya que el funcionamiento correcto de la transmisión depende en gran medida del funcionamiento de este eje. Siempre será mucho mejor detectar fallos aquí y no cuando ya tenemos montada toda la transmisión.



FIGURA 4.3-J PRESNA Y BANCO DE PRUEBAS DEL EJE DE ENTRADA

4.3.5 PUESTO PREMONTAJE FRENOS DE SERVICIO.

En la Figura 4.3-K se puede ver el plano del puesto.

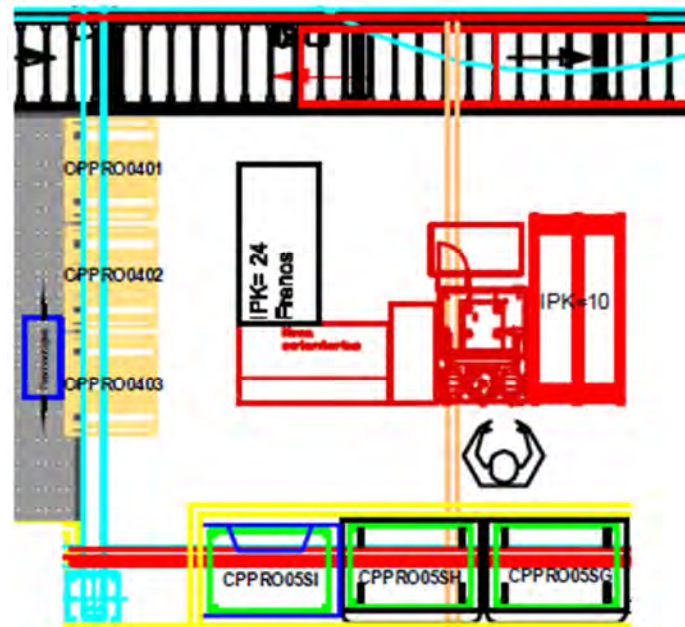


 FIGURA 4.3-K LAYOUT PUESTO DE PREMONTAJE DEL FRENO DE SERVICIO

Este puesto está formado por una mesa con un KIT de ayuda electrónico POKA-YOKE (definido en la página anterior) con el cual se selecciona la referencia tanto del freno a montar, como el del premontaje del eje de entrada. Este kit se expande a las estanterías, encendiéndose unos indicadores luminosos debajo de cada pieza que se monta, según la referencia seleccionada, tratando así de disminuir las posibles equivocaciones de los operarios, causadas principalmente por el elevado parecido de los ferodos entre los distintos modelos. El puesto también posee una prensa hidráulica con volteador, con la que poder montar retenes y rodamientos.



 FIGURA 4.3-L MESA DE TRABAJO Y PRENSA DE PREMONTAJE DEL FRENO DE SERVICIO

4.3.6 PUESTO PREMONTAJE FRENOS DE APARCAMIENTO.

En la Figura 4.3-M se puede ver el plano del puesto.

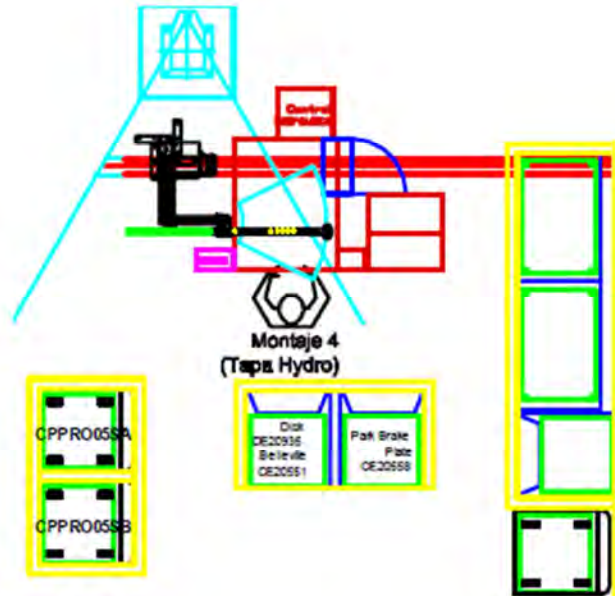


 FIGURA 4.3-M LAYOUT DEL PREMONTAJE DEL FRENO DE APARCAMIENTO

Este puesto es distinto al resto, es más avanzado y eficiente, ya que este es completamente nuevo y se optó por un sistema de montaje paso a paso programado. Este puesto tiene una prensa automatizada, conectada a una centralita con el proceso programado. El operario tiene a disposición una pantalla de instrucciones en los que tendrá que ir validando cada paso del montaje. Cada vez que se necesite un golpe de prensa o un giro, la máquina lo realizará automáticamente tras la validación del operario, siempre que los elementos de seguridad como la cortina virtual detecte que el operario no se encuentra en la zona de trabajo, el resto de pasos que necesitan del operario, como colocar una pieza/manipular alguna pieza o realizar algún apriete, se verá reflejado en la pantalla para que el operario no se salga del proceso en ningún momento.



 FIGURA 4.3-N PRESA DE PREMONTAJE DEL FRENO DE APARCAMIENTO

4.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE LA LÍNEA.

En el montaje final existen 7 puestos, de los cuales 5 son puestos de montaje prácticamente con la misma estructura (puestos 1, 2, 3, 4, y 6) y luego dos puestos de prueba (puestos 5 y 7), que son diferentes al resto, ya que corresponden a los bancos de pruebas hidráulicas y de rodadura.

El camino central de rodillos, tiene a la altura de cada puesto un conjunto de elementos que permiten la manipulación del carro (Figura 4.4-A).

Este conjunto está formado por un tope, que detiene el carro cuando llega a la posición del puesto y un elevador con cadenas que eleva el carro y lo traslada horizontalmente hacia el volteador, siendo el operario el que arrastra el carro a mano los últimos 15 cm en los cuales no llega a actuar la cadena. Con el carro ya en su posición dentro del volteador, se activa un pistón hidráulico, que levanta una pestaña de seguridad y que evita que el carro se salga del volteador durante su manipulación.

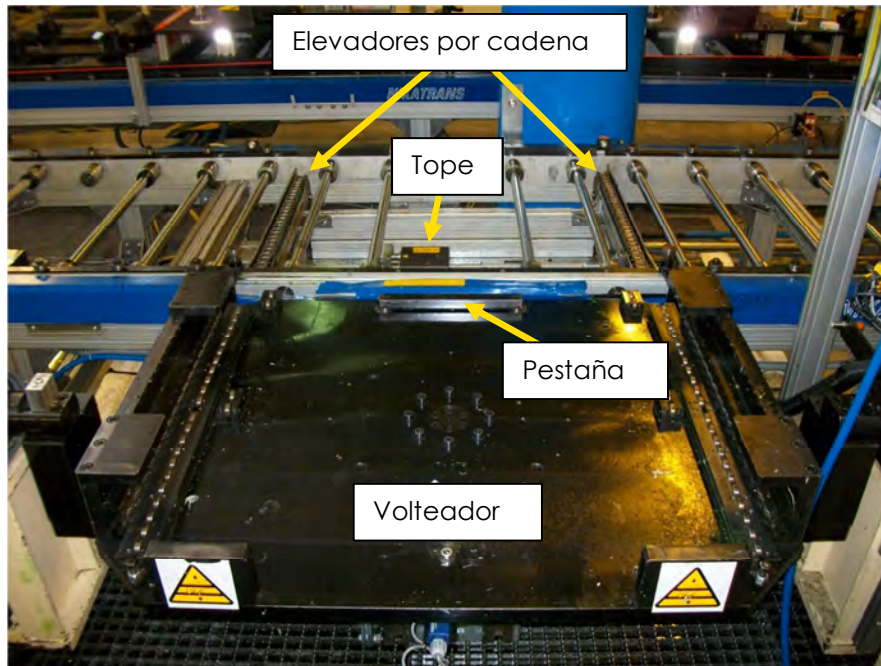


FIGURA 4.4-A VOLTEADOR Y ELEVADOR DEL PUESTO DE MONTAJE FINAL

Este sistema permite giros sobre el eje perpendicular a la dirección del camino de rodillos para poder tumbar la caja 90° pudiendo ser girarla sobre si misma 90° a izquierdas y 90° a derechas. Véase la Figura 4.4-B.

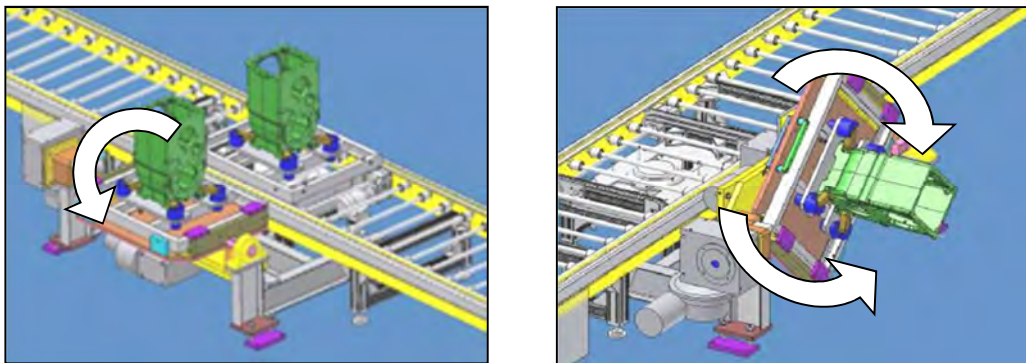


FIGURA 4.4-B MOVIMIENTOS DEL VOLTEADOR.

Los puestos de montaje final 1, 2, 3, 4 y 6 están formados por un volteador, mesa de trabajo, polipasto, estanterías, pantalla de trazabilidad de datos y atornillador eléctrico. Véase Figura 4.4-C.



FIGURA 4.4-C LAYOUT 3D DEL PUESTO DE MONTAJE FINAL

Por otro lado, los puestos 5 y 7 corresponden a los bancos de pruebas hidráulicas y de rodadura.

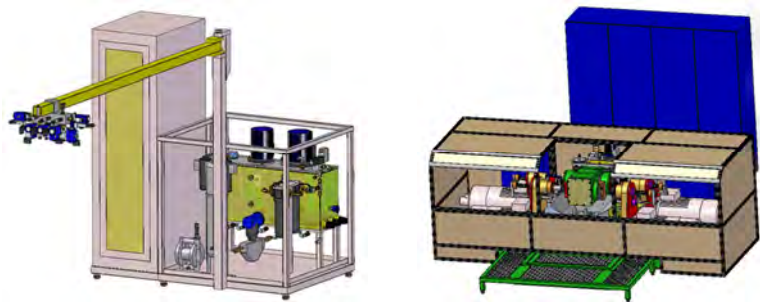


FIGURA 4.4-D BANCOS DE FUGA Y RODADURA

Entre los diferentes componentes se sitúan juntas tóricas o cordones de silicona para garantizar la estanqueidad del conjunto. A las uniones atornilladas se les aplica un par de fuerza, determinado por el diseño de la transmisión y acompañado si fuese necesario por un adhesivo específico.

A continuación se hace una breve descripción acerca de lo que se monta en cada puesto, y se comienza a presentar los reglajes de esta transmisión según los puestos donde se realizan.

4.4.1 ESTACIÓN DE MONTAJE 1

El montaje comienza unos metros antes del primer volteador, punto donde se coloca la carcasa sobre el carro. Antes de avanzar al volteador del puesto 1, unos sensores de proximidad, situados en el fondo del camino de rodillos, verifican que los cuatro pernos que fijan la carcasa al carro están correctamente apretados, para así garantizar que al voltear y manipular la caja, esta no se desprenda del carro, pudiendo ocasionar daños graves a los operarios.

Ya con el carro en el puesto se monta por orden el diferencial, la tapa que cierra el eje de entrada y sirve de soporte para el cuerpo de válvulas, el freno de aparcamiento, el transportador izquierdo (que contiene el conducto para liberar o bloquear el diferencial) y el eje intermedio.

En la Figura 4.4-E se puede ver las piezas que se montan en este puesto.

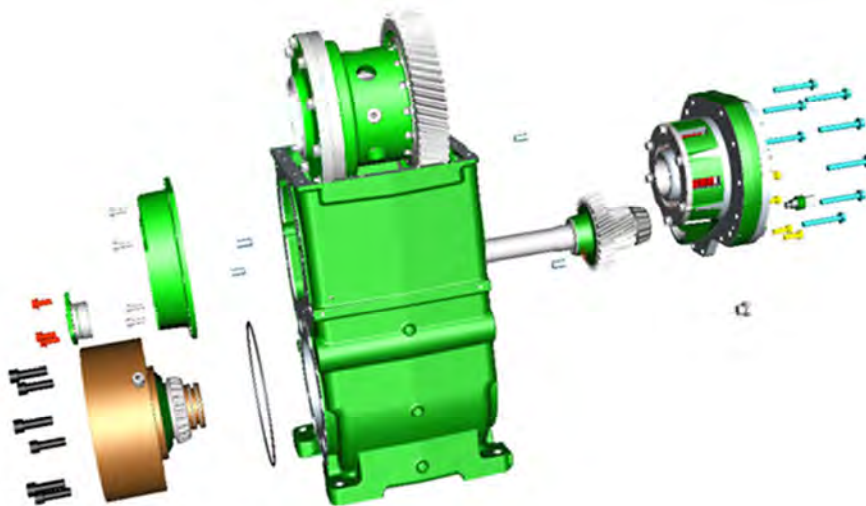


 FIGURA 4.4-E EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 1

4.4.2 ESTACIÓN DE MONTAJE 2

En esta estación, lo primero que **se realiza es el primer reglaje de la transmisión** correspondiente al diferencial. Este reglaje es uno de los cuatro que forman el objeto de este proyecto, y se explica con mucho más detalle en los próximos capítulos. Con el reglaje realizado, se monta el transportador restante, seguido por último de los dos frenos de servicio.

En la Figura 4.4-F se puede ver las piezas que se montan en este puesto.

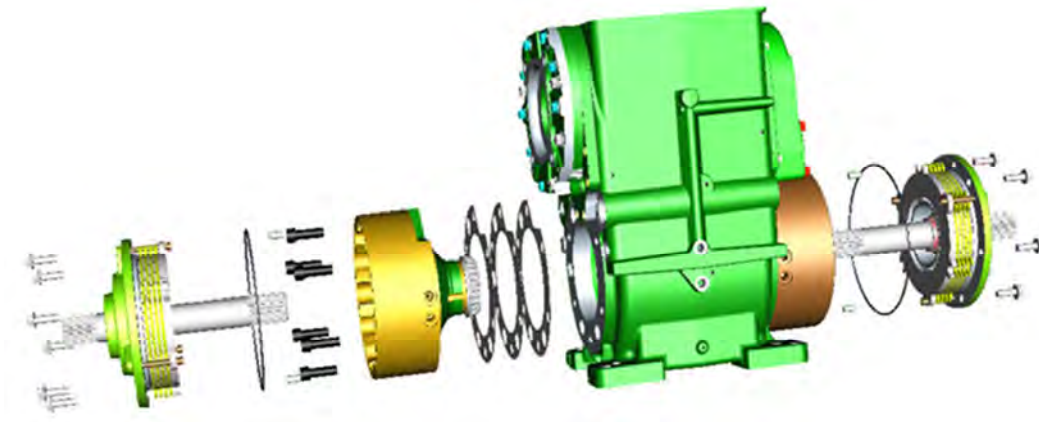


 FIGURA 4.4-F EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 2

4.4.3 ESTACIÓN DE MONTAJE 3

Este puesto es uno de los más importantes de cara al objeto de este proyecto ya que en él **se realizan dos de los cuatro reglajes a estudio**. El montaje comienza con el reglaje del eje intermedio. A continuación, se monta el eje de entrada y se realiza el reglaje de las fenólicas que se encuentran dentro del eje de entrada. El montaje termina cerrando el alojamiento con su tapa correspondiente sellando con silicona y realizando el apriete definitivo.

En la Figura 4.4-E se puede ver las piezas que se montan en este puesto.

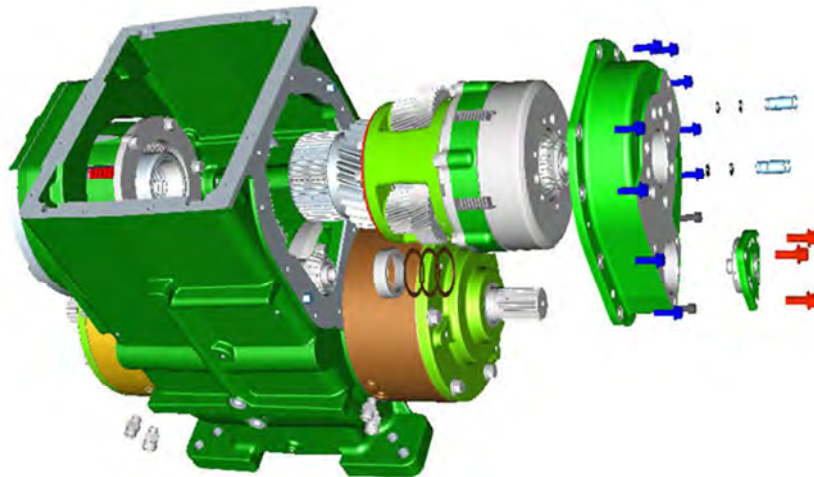


 FIGURA 4.4-G EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 3

4.4.4 ESTACIÓN DE MONTAJE 4

En primer lugar, se atornilla la parte superior del eje de entrada que aloja los embragues (frenos que controlan la relación de la transmisión) con su tapa. Después, **se realiza el último reglaje correspondiente al del eje de entrada**. También se montan racores y diversos sensores de la transmisión, un deflector y la tapa frontal junto a la bomba y filtro de aceite. Una vez añadido todo lo anterior, se pega la chapa de referencia que identificaba el carro de premontajes y carcasa mediante dos remaches a la tapa frontal.

En la Figura 4.4-H se puede ver las piezas que se montan en este puesto.

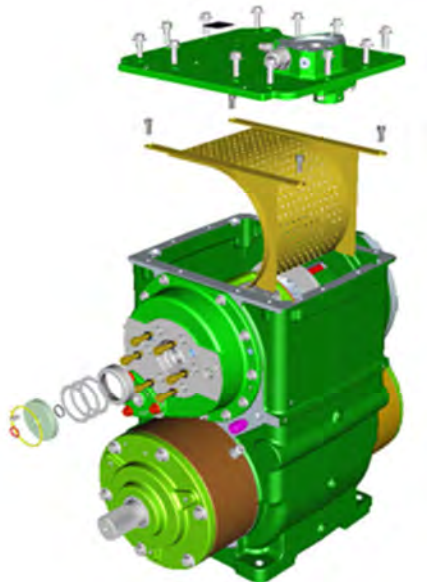


FIGURA 4.4-H EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 4

4.4.5 ESTACIÓN DE MONTAJE 5

En la quinta fase, la transmisión es sometida a una serie de pruebas hidráulicas para comprobar su correcto montaje, estanqueidad y funcionamiento. Esta prueba se realiza con un cuerpo de válvulas esclavo comandado por el banco de pruebas. Estas pruebas garantizan el correcto funcionamiento de los circuitos de accionamiento hidráulico y los circuitos de lubricación. Además, tiene lugar el montaje de las tuberías de lubricación.

En la Figura 4.4-I se puede ver las piezas que se montan en este puesto, y en la Figura 4.4-J se puede ver el banco de pruebas hidráulico.

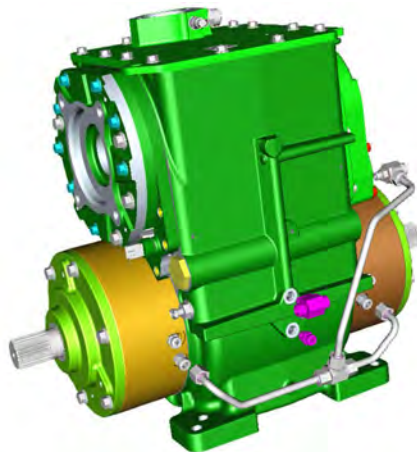


 FIGURA 4.4-I EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 5

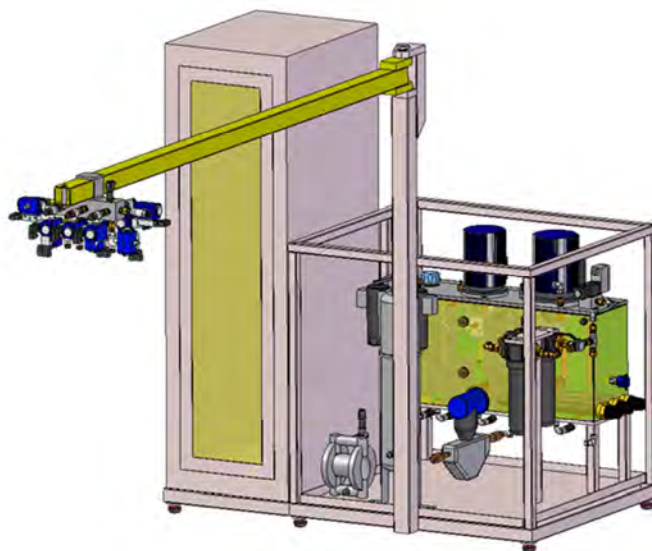


 FIGURA 4.4-J BANCO DE PRUEBAS HIDRAÚLICO

4.4.6 ESTACIÓN DE MONTAJE 6

En este puesto se incluye al conjunto el cuerpo de válvulas definitivo, las tuberías para el bloqueo del diferencial y las tuberías de los frenos de servicio. Por último, se añade el acumulador de aceite al conjunto.

En la Figura 4.4-K se puede ver las piezas que se montan en este puesto.

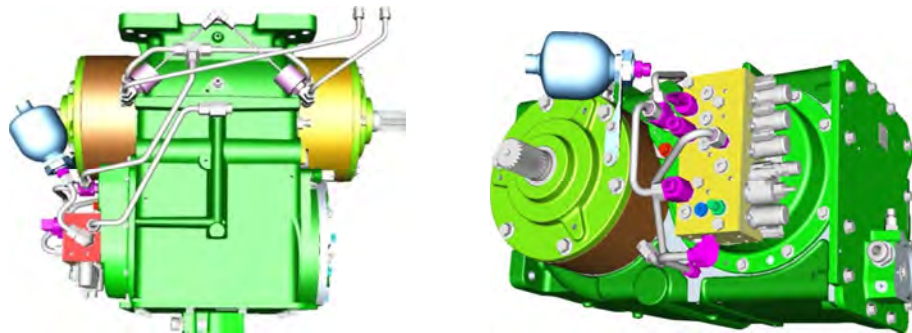


 FIGURA 4.4-K EXPLOSIONADO DE PIEZAS CORRESPONDIENTE AL MONTAJE FINAL 6

4.4.7 ESTACIÓN DE MONTAJE 7

En la séptima y última fase, se hace la prueba de rodaje de la transmisión, donde se llevan a cabo una serie de ensayos para garantizar el correcto funcionamiento de la caja. Antes de comenzar el operario realiza todas las conexiones de la transmisión con el mazo de cables para registrar todos los parámetros de la misma en la prueba de rodadura.

En la Figura 4.4-L se puede ver un modelo tridimensional del banco de pruebas de rodadura.

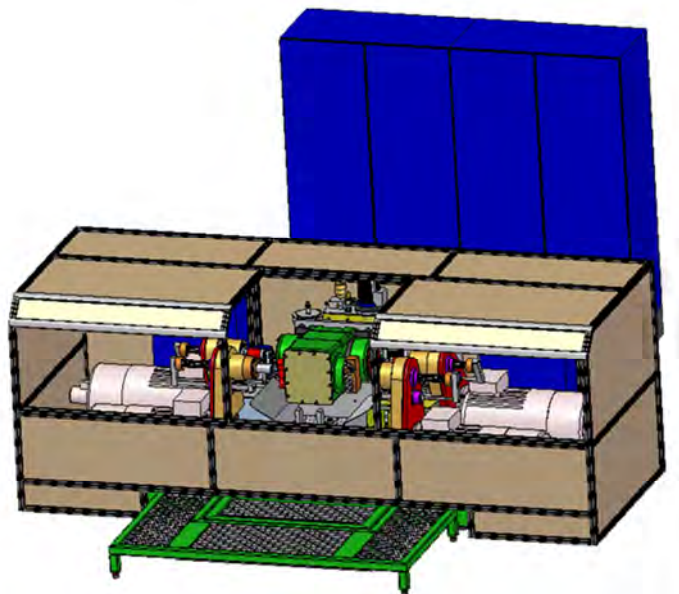


 FIGURA 4.4-L BANCO DE PRUEBAS DE RODADURA

Una vez terminada la prueba, en caso de ser satisfactoria, se extrae la caja del banco y se acopla un coupler al eje de entrada. También se montan las tuberías del freno de servicio y diversas protecciones para finalmente pasar el producto al túnel de pintura. Por último, se pondría a disposición del equipo de embarques para hacer llegar el producto terminado al cliente.

CAPITULO 5: INTRODUCCIÓN A LOS REGLAJES DE LA TRANSMISIÓN Y MÉTODO DE ANÁLISIS

5.1 LOS REGLAJES DE LA TRANSMISIÓN.

La transmisión PRODRIVE requiere de los siguientes reglajes:

1. Rodamientos del diferencial.
2. Rodamientos del eje intermedio.
3. Fenólica del eje de entrada.
4. Rodamientos del eje de entrada.

Todos los reglajes que se realizan en la transmisión son axiales, es decir, vamos a configurar el ajuste de los componentes en su dirección axial. Los reglajes cónicos son característicos en grupos de engranajes cónicos, que requieren de una distancia mínima entre dientes para evitar un desgaste prematuro de estos. Debido a la ausencia de estos grupos en la transmisión, no se realiza ningún reglaje así en el ensamblado de la transmisión.

Los reglajes están definidos por la vida útil de los rodamientos. Se tienen en cuenta las cargas a las que son sometidos y la información técnica del fabricante de los mismos, para decidir el ajuste al que se ha de configurar cada uno.

Estos reglajes tienen dos ajustes:

- Juego: En el cual siempre quedará un margen positivo a la pieza para desplazarse, es decir, la pieza con los suplementos es menor que el espacio que posee.
- Precarga: En el cual siempre quedará un margen negativo a la pieza para desplazarse, es decir, no se podrá desplazar ya que la pieza con los suplementos es mayor que el espacio que posee. También se puede definir como un juego negativo.

La cantidad de juego o de precarga hace referencia a la diferencia positiva o negativa que existe entre la pieza y su alojamiento. Una precarga de rodamientos cónicos conlleva a aumentar la rigidez del eje, pero esto reduce en consecuencia el límite de revoluciones por minuto, aumenta los rozamientos internos y la vida útil de los mismos.

Según las cargas a las que son sometidos estos rodamientos, engrase, y otros factores, el comercial de estos entrega unos gráficos en los que se puede ver como varía la vida útil en función del reglaje. Con estos gráficos, los ingenieros de diseño seleccionan el reglaje más acorde al producto.

5.2 MÉTODO DE ANÁLISIS.

En primer lugar se va a profundizar en la descripción y el conocimiento previo de la física de cada reglaje, así como el proceso de montaje y métodos de trabajo que se siguen. Posteriormente se definen los problemas que sufre cada uno de los reglajes. Por último, se procede a analizar los aspectos que afectan al producto:

- Materia prima
- Útiles y aparatos de medida
- Factor humano
- Proceso

A continuación con los puntos a mejorar se realizan acciones para evolucionarlos y finalmente se hace una serie de verificaciones para contrastar el impacto que tienen estas en la línea productiva.

CAPITULO 6: ESTUDIO DEL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL

6.1 REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL

El ajuste de los rodamientos del diferencial tiene que quedar **entre 0.00 mm y una precarga de 0,10 mm**.

En este reglaje los elementos que influyen principalmente son las dos parejas (pista-rodamiento), el diferencial, la carcasa y los dos transportadores, como se puede ver en la Figura 6.1-A.

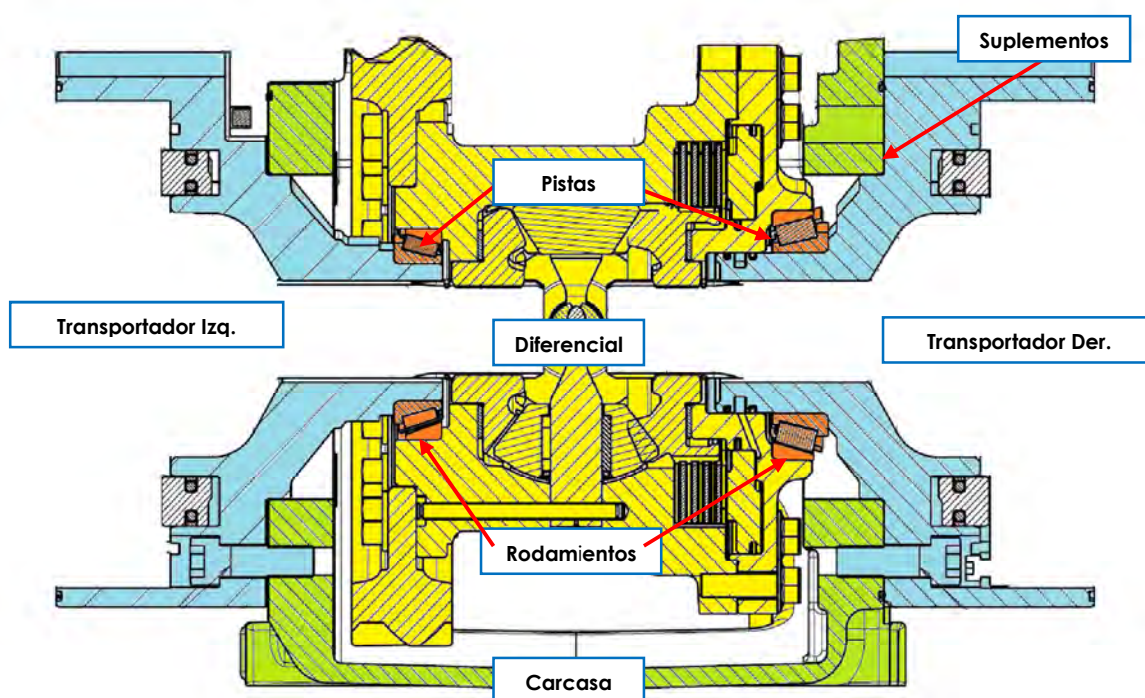


 FIGURA 6.1-A ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DEL DIFERENCIAL

Para poder conseguir el ajuste requerido, se introducen entre la carcasa y el transportador derecho, una combinación de suplementos. Estos suplementos pueden ser de 0'5, 0'25 y 0'1 mm de espesor. Los suplementos se colocan según la (Figura 6.1-B), donde se observa claramente que mientras **mayor sea el espesor del paquete de suplementos, menor precarga o mayor juego obtendremos**.

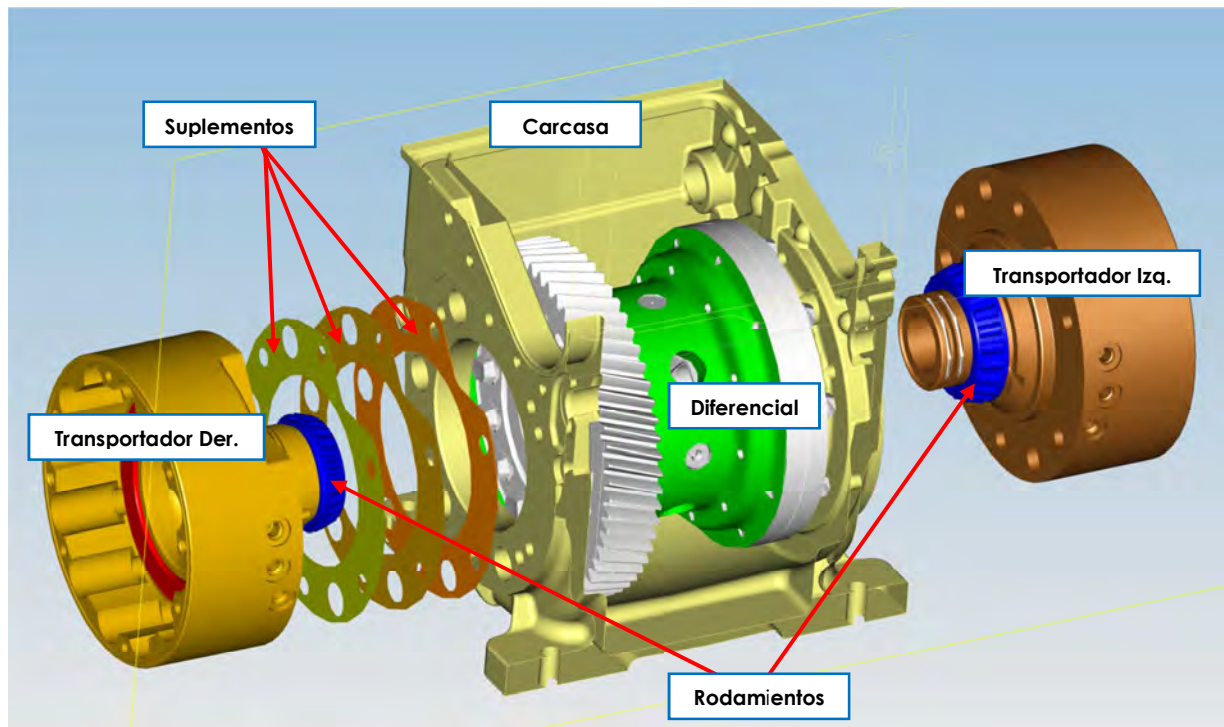


 FIGURA 6.1-B SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL

6.2 PROCESO INICIAL DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL

Cada reglaje tiene un proceso para tomar medidas, mediante unos útiles y calibres específicos. También se realiza para cada reglaje unas pautas de comprobación manual para asegurar que los calibres están dejando los ajustes correctamente. Estas pautas las define calidad, y se han establecido que con una comprobación por turno de montaje sería suficiente. Pero la realidad es que se comprueban el 100% de las transmisiones. A continuación, se define el proceso y los útiles que se usaban antes de la elaboración de este proyecto. Como se ha descrito en el capítulo 4, el reglaje de los rodamientos del diferencial, se realiza en el puesto de montaje final número 2.

6.2.1 MEDICIÓN

Para realizar la medición, se emplea un calibre diseñado específicamente para esta función.

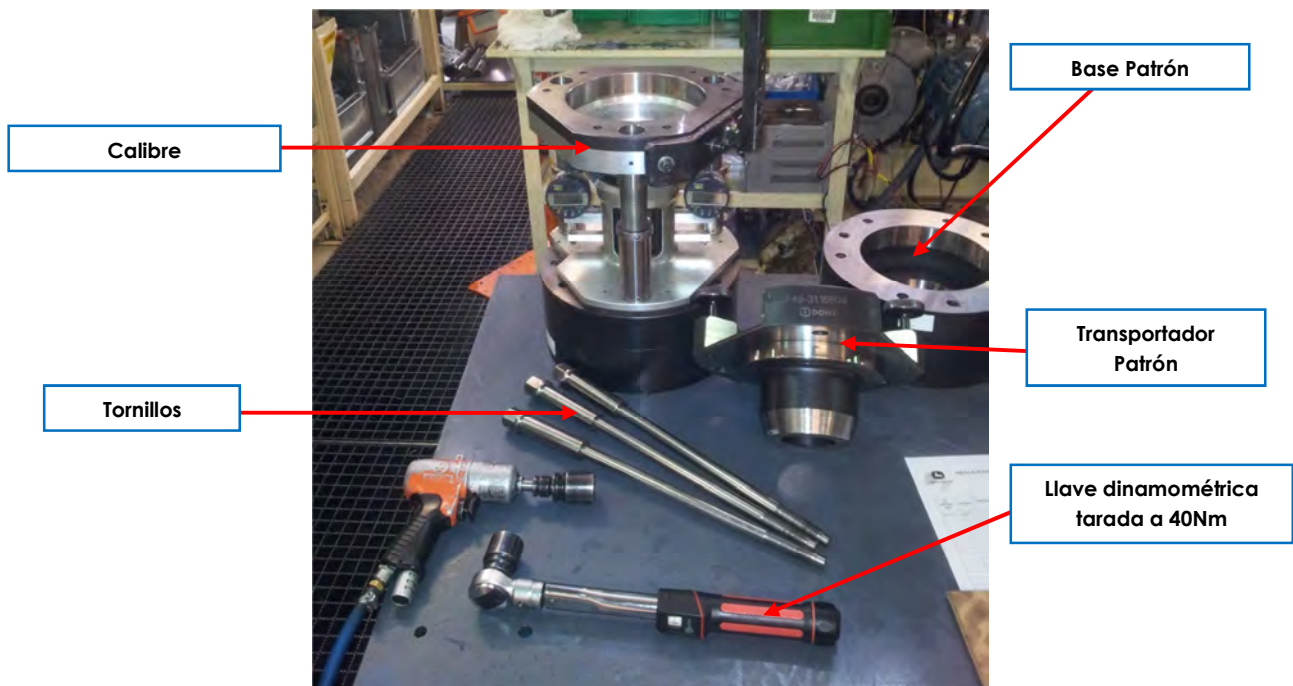


FIGURA 6.2-A CALIBRE REGLAJE RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL

Este calibre compara la distancia entre la pista y el rodamiento del transportador derecho, el diferencial está perfectamente acoplado al otro transportador, pudiendo medir así el gap completo que se tiene que suplementar. Para ello tiene dos partes. Una parte mide la altura de la pista, tomando como referencia la cara mecanizada de la carcasa donde apoya el transportador. La otra parte mide la altura del rodamiento tomando como referencia la cara inferior mecanizada del transportador. Aunque las referencias sean diferentes la cota es la misma, ya que a la hora de ensamblar la cara inferior del transportador coincide con la cara mecanizada de la carcasa. La diferencia entre las dos partes se refleja mediante los relojes digitales.

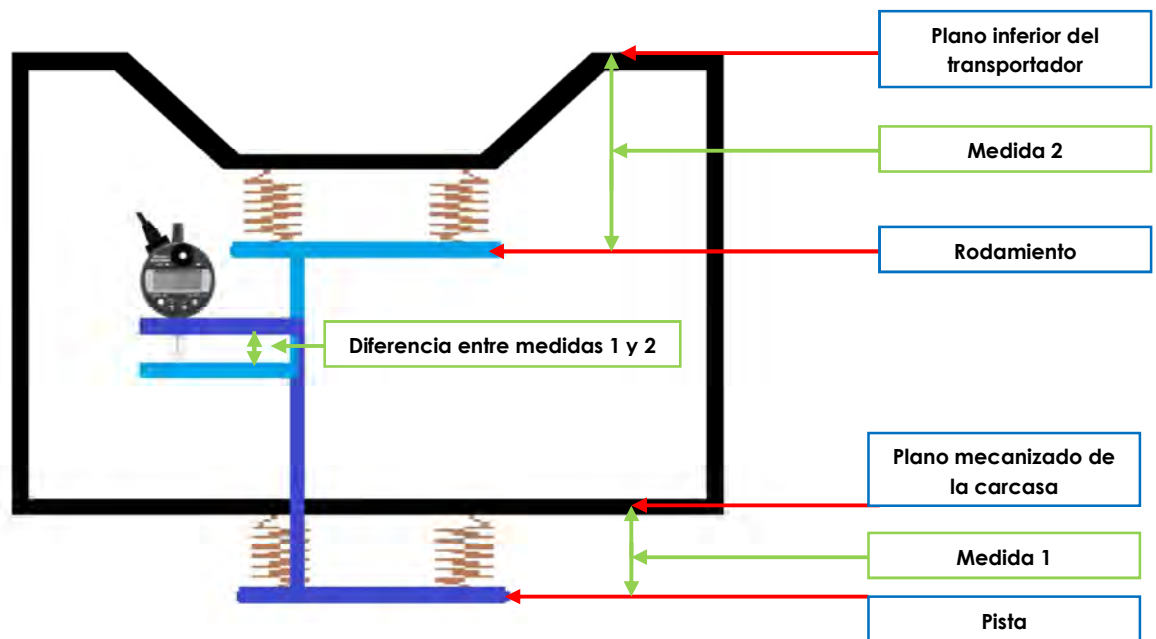


FIGURA 6.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL

Este calibre tiene una base y un transportador patrón. Estos útiles hacen que la medida 1 y la medida 2 sean iguales para poder poner a cero los relojes comparadores. Realmente los patrones no tienen la misma medida, sino que incluyen una diferencia entre ellos de 5 centésimas; posteriormente el operario, verá directamente la medida del paquete de suplementos necesario, así al introducirlo, ya queden precargados los rodamientos del diferencial.

Para hacer cero en los comparadores, primero se coloca el calibre sobre su base patrón y luego se le coloca encima el transportador patrón. Después, se colocan los 3 tornillos pasantes, y se les da un par de apriete de 40 Nm. Una vez realizado estos pasos ya se pueden colocar a cero los dos relojes. Ver proceso en la Figura 6.2-C.

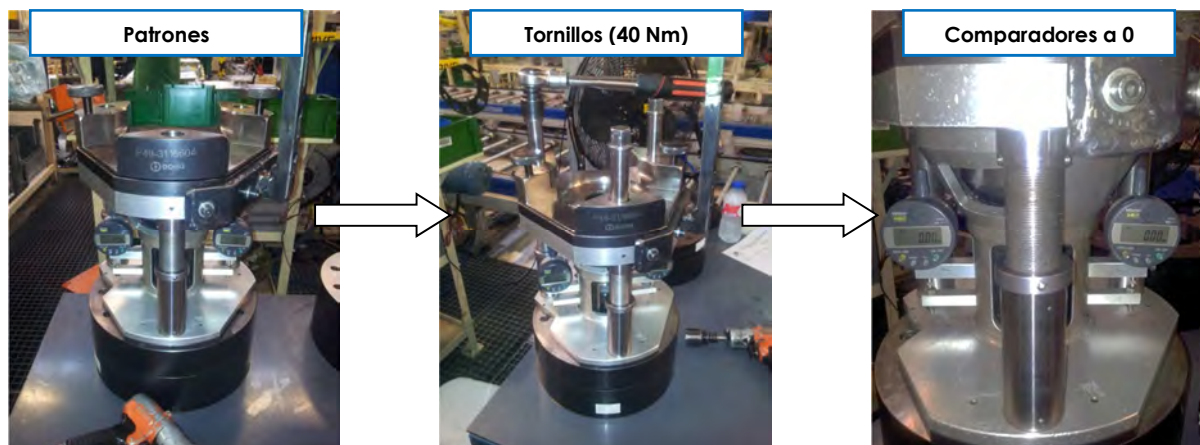


FIGURA 6.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (DIFERENCIAL)

Una vez tenemos a cero los relojes, se quitan los tornillos y el transportador patrón, y se traslada el calibre con el polipasto hasta la transmisión. Luego se coloca el transportador sobre el calibre junto a los 3 tornillos y a continuación se les da un par de apriete de 40 Nm. Es en este momento cuando se toma la medida de los comparadores. Esta medida es válida, si la diferencia de relojes es inferior a 5 centésimas de milímetro y se formaría el paquete de suplementos usando aproximadamente la media entre los dos comparadores. En caso contrario, si la diferencia es superior a 5 centésimas de milímetro, la medida no se dará por válida, teniendo que repetir la puesta a cero y comprobar que no existiera algo mal montado. Ver proceso en la Figura 6.2-D.

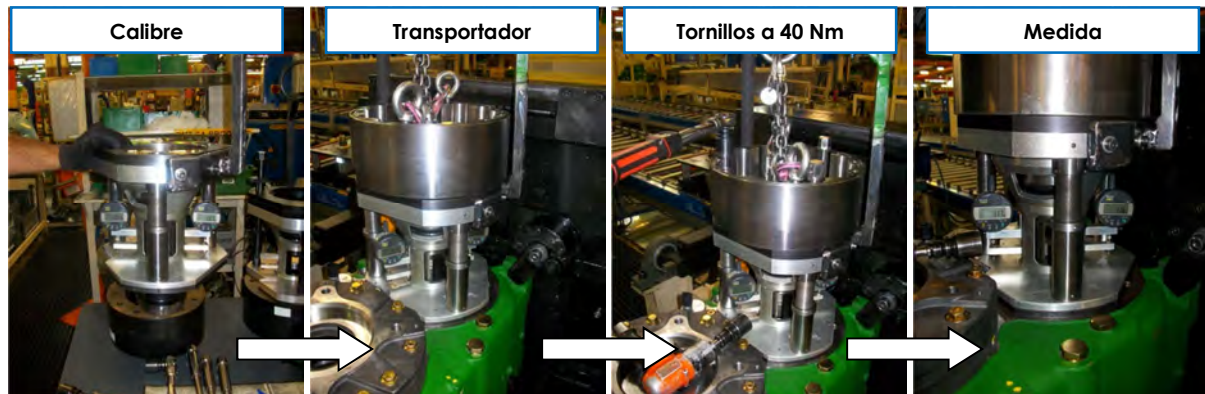


 FIGURA 6.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL DIFERENCIAL

6.2.2 COMPROBACIÓN

Una vez realizada la medida y teniendo el paquete de suplementos, se puede comprobar que el ajuste final es correcto. Para ello, se utilizan una serie de útiles para realizar una comprobación manual. Ver Figura 6.2-E.

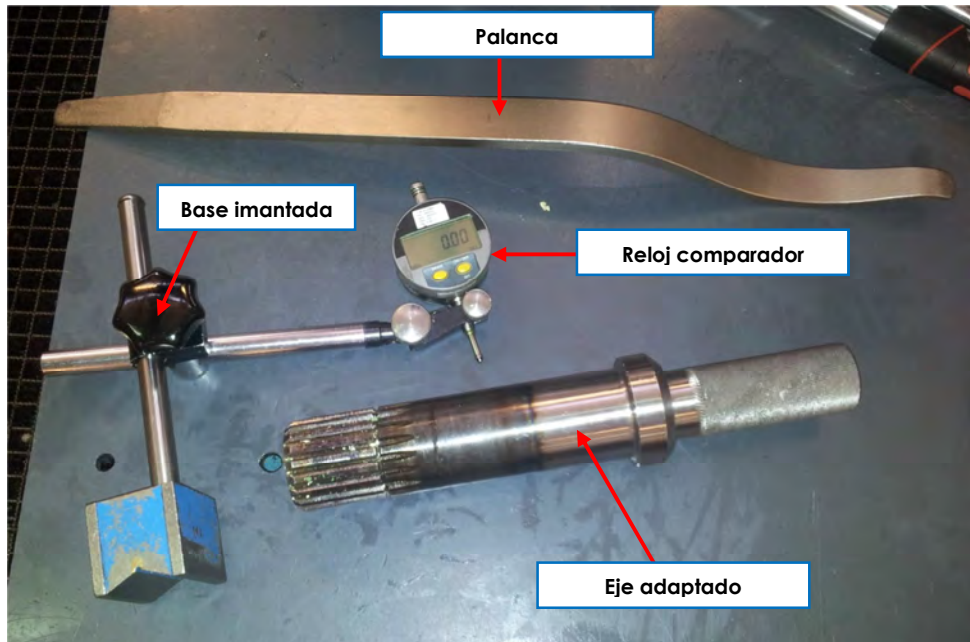


FIGURA 6.2-E ÚTIL PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (DIFERENCIAL)

La comprobación se realiza montando el transportador con los suplementos sobre la transmisión. Luego se coloca el eje adaptado sobre el diferencial (este permite tener una referencia sobre la que medir el movimiento del diferencial). Después se coloca la base imantada sobre el freno de aparcamiento y se pone el reloj sobre la cara rectificada del eje adaptado. Por último, con el comparador bien colocado se pone este a cero, y con la palanca se hace fuerza para tratar de levantar el diferencial. Si se registra movimiento en el comparador el reglaje se considera no válido, y en casi contrario, es decir, si no se registra movimiento el reglaje se considera correcto. Ver Figura 6.2-F.

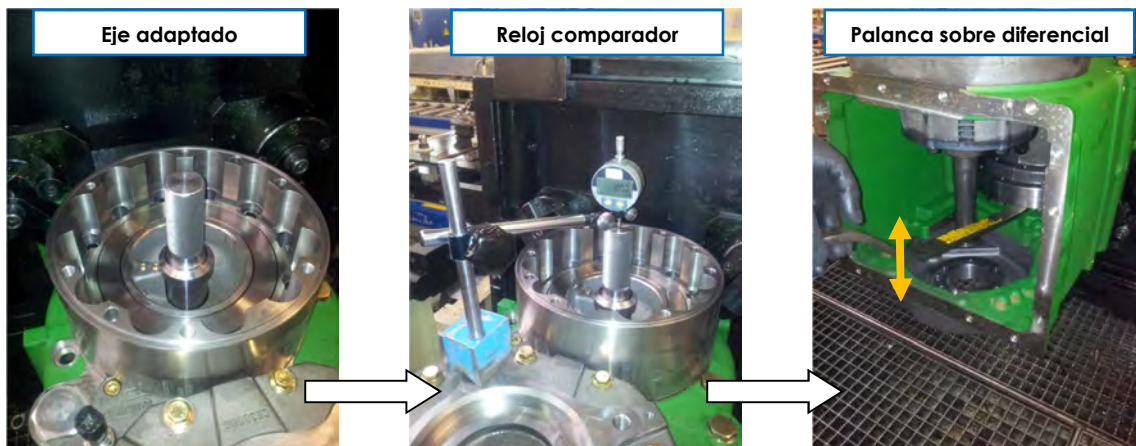


FIGURA 6.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (DIFERENCIAL)

6.3 DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA

El problema con este reglaje se debe principalmente a que han llegado varias reclamaciones por parte de los clientes por un fallo a fatiga prematuro de los rodamientos del diferencial. Este fallo viene causado por un ajuste incorrecto en el montaje, ya sea por la existencia de juego, o por un exceso de precarga.

Esta afirmación se obtiene de la vuelta a fábrica de los productos defectuosos, después de que el departamento de calidad los auditará en profundidad. La fatiga de los rodamientos impidió comprobar el ajuste real al que se reglaron estas transmisiones, ya que esta afectó a las dimensiones reales del producto. A pesar de esto, se pudo descartar el resto de opciones ya que los engranajes se encontraban en un estado adecuado para la vida de los productos y el resto de elementos también pasó la auditoria de forma correcta.

Una vez tomada la decisión de coger como causa raíz el reglaje del diferencial, se decidió que el departamento de calidad realizara una serie de auditorías de productos recién montados.

Gracias a estas auditorías, se descubre que algunas cajas salen de la línea de montaje con juego en los rodamientos. Ante este hecho, se procede a realizar la comprobación del 100% de los reglajes en la línea de producción.

Lo curioso es que una vez se comprueban 100 cajas, se observa que todas las comprobaciones han sido correctas, por lo cual ¿Por qué un reglaje es correcto en producción pero al salir de la línea no es correcto?

6.4 ANÁLISIS

Para tratar de responder a la pregunta anterior, se procede a analizar los aspectos que afectan al producto:

- Materia prima
- Útiles y aparatos de medida
- Factor humano
- Proceso

6.4.1 MATERIA PRIMA

En este apartado se trata de ver todas las posibilidades por las cual puede variar el reglaje desde el momento que se comprueba hasta que sale de la línea.

Lo primero que se descarta son errores en las dimensiones de las piezas, ya que si una medida viene mal, como por ejemplo el ancho de la carcasa, o una la distancia entre el plano de apoyo del rodamiento al plano de apoyo del transportador sobre la carcasa. Ya que estas medidas aunque sean incorrectas, son constantes.

Lo que se trata de estudiar, debido a que tiene una alta probabilidad de causa, es el montaje de los rodamientos y de las pistas. Puede ser que la prensa de los premontajes no esté llevando

a estos hasta su posición correcta, de forma que estos se terminen de asentar durante la prueba de rodadura, y al hacerlo, lo que antes era precarga se convierte en juego.

Para comprobar este hecho, se procede a medir una serie de cinco parejas de transportadores y se comprueba mediante galgas que los rodamientos llegan a su posición.



 **FIGURA 6.4-A COMPROBACIÓN DEL RODAMIENTO EN EL TRANSPORTADOR CON GALGA DE 0.08 MM**

Las pistas sobre el diferencial no se pueden comprobar mediante galgas al estar prensadas dentro de una ranura, por ello se midieron en el departamento de verificación, mediante las máquinas de medición tridimensional. Se midió la profundidad de los alojamientos de 5 diferenciales sin montar y de cinco pistas. Tras el montaje se comprobó de nuevo en metrología (tomando como base las medidas anteriores) que la pista llegaba de forma correcta a su posición.

También se realizan pruebas en la línea, masajeando y girando repetidamente el diferencial, a la hora de medir con el calibre, para comprobar que las jaulas y las agujas de los rodamientos están perfectamente posicionadas. Tras estas pruebas no se observaron variaciones en las medidas, pudiendo confirmar que las jaulas no se cruzan. Tras esta comprobación se descarta como posible causa la materia prima del montaje.

6.4.2 ÚTILES Y APARATOS DE MEDIDA

Este punto del estudio lo realizó el departamento de utillaje, manufactura y mantenimiento, ya que son los que disponen de los medios adecuados en fábrica.

Revisaron, limpiaron y comprobaron que el funcionamiento del calibre, y de los comparadores era correcto.

El departamento de manufactura comprobó que las herramientas de apriete también estaban correctamente taradas y certificadas.

Con esto se descarta que algún útil o herramienta fuese una posible causa.

6.4.3 FACTOR HUMANO

Para este apartado se contó con la colaboración del equipo de supervisión de la línea, que dio la lista de los operarios capacitados para realizar este reglaje, y se comprobó que estaban correctamente capacitados y que todos habían pasado las auditorías de proceso.

Aun así, se revisó el montaje de cinco cajas con cada uno de los operarios, y en todos los casos se observó que todos seguían el proceso de forma correcta.

Así que también queda descartado el factor humano.

6.4.4 PROCESO

La última opción a analizar es que el proceso que se tiene no sea lo suficientemente consistente. Hay que estudiar no solo el proceso de reglaje sino también el proceso de montaje hasta que sale de la cadena para ver si alguna operación que se hace a posteriori pudiera afectar.

Analizando todo el proceso, lo único que se montan sobre los transportadores y el diferencial son los frenos de servicio. Estos en todo caso podrían precargar en exceso el ajuste ya que un eje un poco más largo podría presionar el diferencial contra el lado contrario, pero los ejes de los frenos de las cajas auditadas tenían las dimensiones correctas.

Lo que si puede influir y no se ha tenido en cuenta hasta ahora, es que, según el proceso como se describe en el capítulo 6.2.2, una vez se termina la comprobación, se retira el transportador y los suplementos. A continuación, se vuelve a montar pero esta vez se pone un cordón de silicona entre la carcasa y el primer suplemento, luego otro entre cada suplemento y uno al final entre el último suplemento y el transportador. Esto se hace para evitar fugas y poder sellar correctamente la transmisión. El transportador va fijado por 6 tornillos a 320 Nm, lo cual expulsa todo el exceso de silicona. Cuando se diseñó el proceso se descartó la influencia de la silicona.

A continuación se realizan una serie de reuniones para discutir sobre la influencia de esta. Se acuerda realizar un ensayo en 3 cajas para medir la influencia de la silicona.

Dicho ensayo se realiza con el siguiente proceso:

1. Se realiza una medición manual en vacío, es decir una comprobación manual del reglaje sin suplementos en cada caja. Esta medida nos indica el juego total que tiene la transmisión.
2. Se prepara para cada caja un paquete de suplementos de forma que se intente dejar la caja con un juego entre 0 y 0.1 mm. Cada una de las cajas tendrá un número distinto de suplementos, una caja con 2 o 3 suplementos, otra con 4 y otra con 5. De esta forma tenemos varias medidas en función se añadan más o menos suplementos.
3. El siguiente paso es medir el juego sin silicona en los suplementos y registrarlo.

4. Por último, se retira el transportador y los suplementos y se montan con la silicona y los 6 tornillos a 320 Nm. Y se mide el juego resultante.

Nota: Se mide el juego en vez de la precarga ya que para medirla es necesario añadir un suplemento lo suficientemente grande para que la precarga se convierta en juego y así poder medirlo. A esta medida se resta el suplemento adicional, y así obtenemos la precarga. En este caso si añadimos un suplemento extra con la silicona no sabríamos cuanto restar al juego para conocer la precarga ya que la silicona es la incógnita de este ensayo.

En la Figura 6.4-B se tienen los datos obtenidos del ensayo. El tamaño aproximado del cordón de silicona, se obtiene de dividir la diferencia del juego sin silicona y el juego con silicona, entre el número de cordones de silicona.

Nº de caja	Medida en vacío	Paquete de suplementos	Juego sin silicona	Cordones de silicona	Juego con silicona	Espesor de la silicona
1	0,93 mm	1 mm (0,5+0,5)	0,06 mm	3	0,01 mm	0,0167 mm
2	1,11 mm	1,25 mm (0,5+0,5+0,25)	0,15 mm	4	0,09 mm	0,015 mm
3	1,08 mm	1,20 mm (0,5+0,5+0,1+0,1)	0,1 mm	5	0,02 mm	0,016 mm



FIGURA 6.4-B ENSAYO PARA OBTENER LA INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA SILICONA.

Se establece un espesor de silicona de 0,016 mm.

6.4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

El espesor de la silicona está claro que es un factor con mucha influencia en el reglaje, a diferencia de cómo se consideró inicialmente. En la Figura 6.4-C se puede ver claramente la capa de silicona pegada al suplemento.



 **FIGURA 6.4-C SUPLEMENTO CON SILICONA**

Por ejemplo, si el calibre nos deja una precarga de 0,05 mm, en cuanto pongamos cuatro cordones de silicona, o lo que es lo mismo, tres suplementos, ya pasamos de esa precarga a 0,01 mm de juego, que no es tan grave, pero se sale de especificación.

Se han revisado los datos de la auditoria de los productos defectuosos, siendo estos reglados con cinco suplementos, lo que implica seis cordones, aumentando en 0,09 mm el paquete total. Esto transforma un posible reglaje de 0,05 mm de precarga en un juego de 0,04 mm aproximadamente, saliéndose drásticamente fuera de especificación.

6.5 ACCIONES

Para solucionar este problema se toma la siguiente acción.

- Se toma como valor normal un número medio de 4 cordones de silicona, y se modifica el patrón del calibre para que se tengan en cuenta los 0,06 mm que influyen.

6.6 VERIFICACIÓN

Posteriormente se realizó una comprobación en 15 cajas del valor de la precarga de estos. Para ello se midió sin silicona la precarga total, y como ya se conocía el espesor de la silicona se pudo calcular a través de las medidas la precarga real con la que salían las transmisiones. Los datos se muestran en la Figura 6.6-A.

Nº Caja	Medida calibre (mm)	Paquete supl. + 0.5 (mm)	Medida de Juego real (mm)	Paquete supl. (mm)	Número de supl.	Precarga sin silicona (mm)	Silicona (mm)	Precarga final (mm)
1	1,1	1,52	0,28	1,15	3	0,09	0,048	0,042
2	1,11	1,62	0,34	1,17	3	0,11	0,048	0,062
3	1,04	1,53	0,33	1,12	3	0,08	0,048	0,032
4	0,92	1,4	0,3	1,02	2	0,08	0,032	0,048

5	1,03	1,53	0,34	1,07	5	0,12	0,08	0,040
6	1,25	1,77	0,37	1,27	4	0,13	0,064	0,066
7	1,27	1,74	0,35	1,27	4	0,12	0,064	0,056
8	1,19	1,74	0,39	1,22	4	0,13	0,064	0,066
9	1,21	1,74	0,4	1,22	4	0,12	0,064	0,056
10	1,24	1,74	0,34	1,27	4	0,13	0,064	0,066
11	1,24	1,78	0,4	1,27	4	0,11	0,064	0,046
12	1,14	1,68	0,4	1,18	3	0,1	0,048	0,052
13	1,17	1,68	0,35	1,22	4	0,11	0,064	0,046
14	1,14	1,68	0,36	1,22	4	0,1	0,064	0,036
15	1,07	1,63	0,42	1,12	3	0,09	0,048	0,042

 FIGURA 6.6-A COMPROBACIÓN DE LA PRECARGA FINAL

Se observa que en la variable importante (la precarga final) todos los datos son válidos y además no se desvían mucho unos de los otros.

6.7 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

Ya con los datos de la última comprobación, se puede prever el comportamiento del reglaje usando la media (0,0504) y la desviación (0,01124278) de las 15 cajas, para aproximar la probabilidad de que el reglaje sea correcto (0 y 0,1 mm de precarga) a una distribución de probabilidad normal.

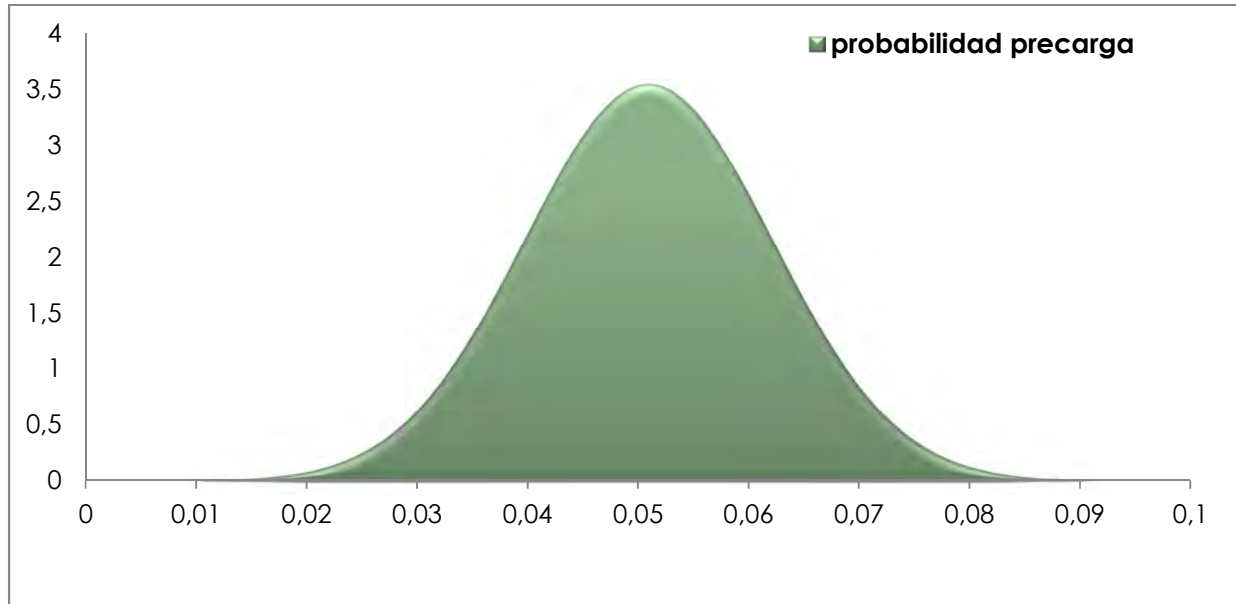


 FIGURA 6.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE LA PRECARGA FINAL

Tras las acciones que han sido tomadas, **la probabilidad final de que un reglaje acabe con precarga correcta (0 y 0,1 mm) es del 99,999119%**, o lo que es lo mismo, **por cada millón de piezas solo sean no aptas aproximadamente 9 de ellas.**

CAPITULO 7: ESTUDIO DEL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

7.1 REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

El ajuste de los rodamientos del eje intermedio tiene que quedar **entre 0.00 mm y un juego de 0,10 mm**.

En este reglaje los elementos que influyen principalmente son las dos parejas de rodamiento-pista, el eje intermedio, el freno de aparcamiento, las tapas laterales y la carcasa, como se puede ver en la Figura 7.1-A.

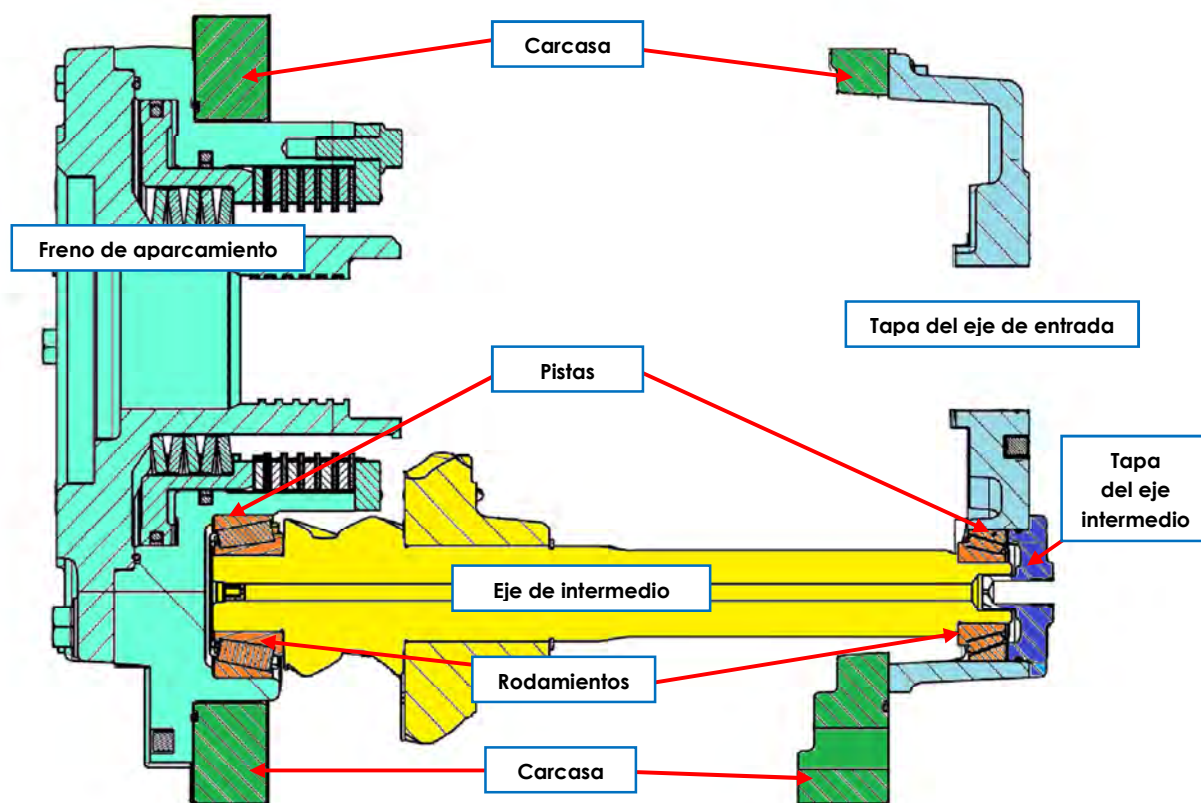


 FIGURA 7.1-A ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS EJE INTERMEDIO

Para poder conseguir el ajuste requerido, se introducen entre la carcasa y el transportador derecho una combinación de suplementos. Estos suplementos pueden ser de 0'5, 0'25 y 0'1 mm de espesor. Los suplementos se colocan según la (Figura 7.1-B) y se observa claramente que mientras **más suplementos** se tengan, **mayor precarga o menor juego obtendremos**.

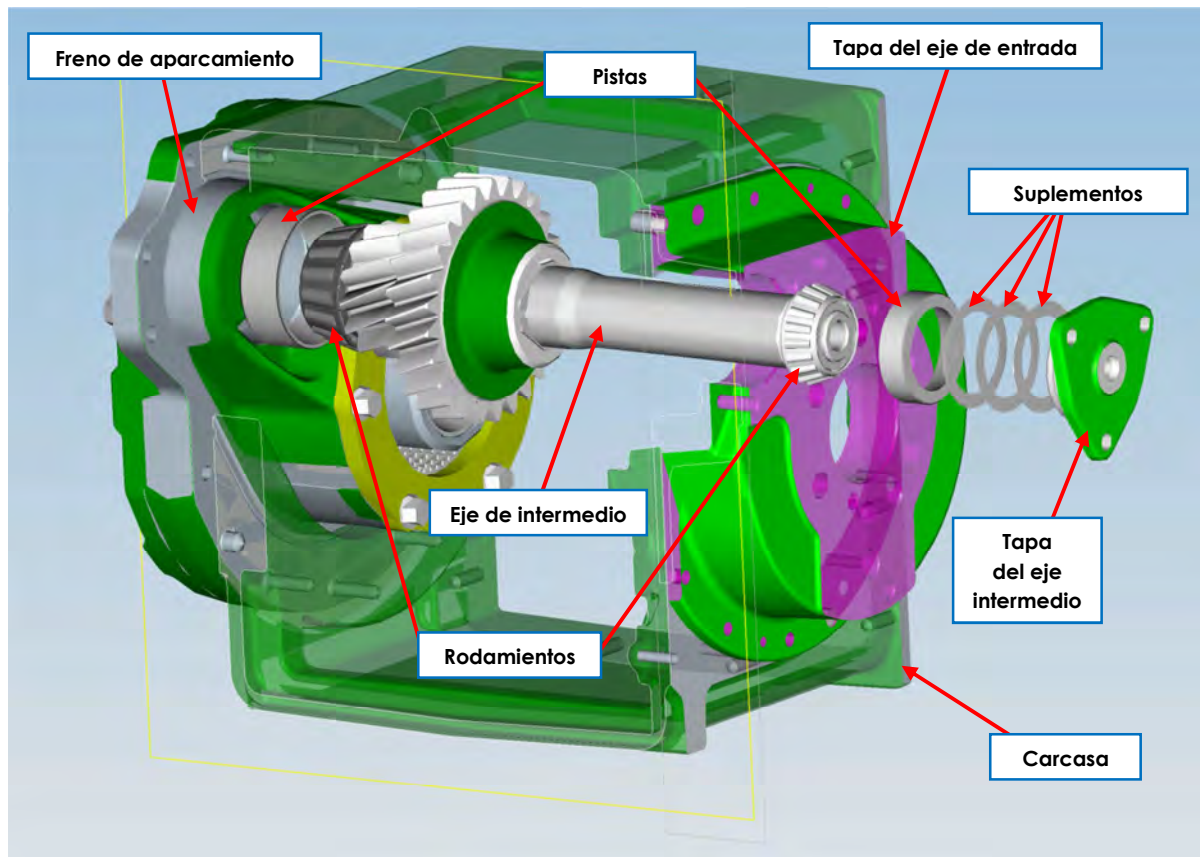


 FIGURA 7.1-B SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

7.2 PROCESO INICIAL DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

A continuación se define el proceso y los útiles que se usaban antes de la elaboración de este proyecto.

Como se ha descrito en el capítulo 4, el reglaje de los rodamientos del diferencial, se realiza en el puesto de montaje final número 2.

7.2.1 MEDICIÓN

Para realizar la medición se emplea un calibre diseñado específicamente para esta función, muy similar al empleado para realizar la medición en el reglaje de los rodamientos del diferencial.

A diferencia del otro calibre, este compara la distancia entre la pista y la cara interior de la tapa del eje intermedio, mientras que el eje está perfectamente acoplado al freno de aparcamiento, pudiendo medir así el gap completo que se tiene que suplementar.

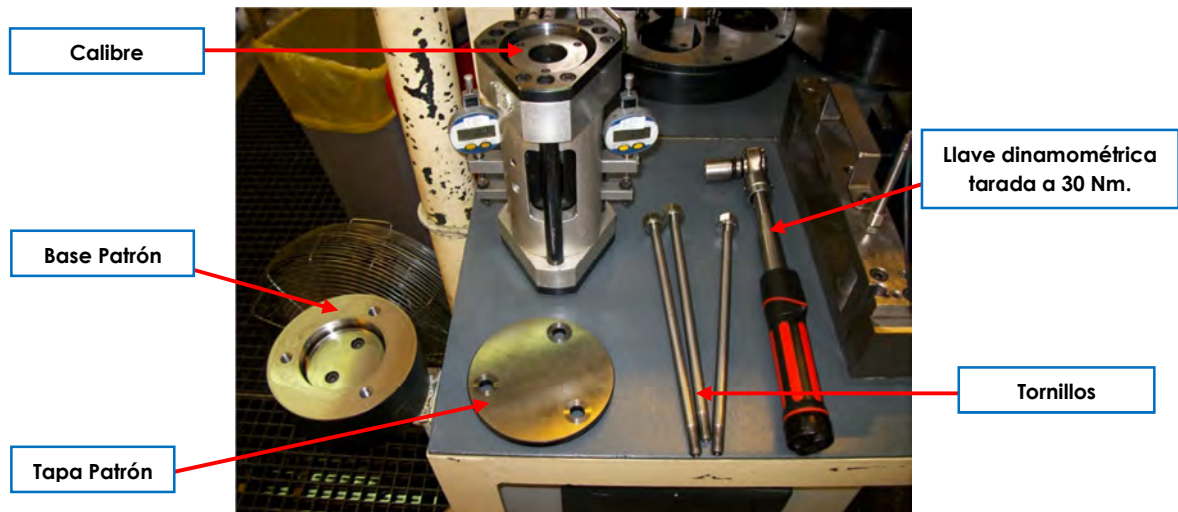


FIGURA 7.2-A CALIBRE EMPLEADO EN EL REGLAJE RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

Este calibre obtiene la medida restando dos cotas. Una de las cotas se obtiene de medir la cara inferior de la tapa del eje intermedio con respecto a la cara de la tapa que entra en contacto con la carcasa de la transmisión. La otra cota se obtiene midiendo sobre la pista del rodamiento tomando como referencia la cara mecanizada de la carcasa. (Figura 7.2-B).

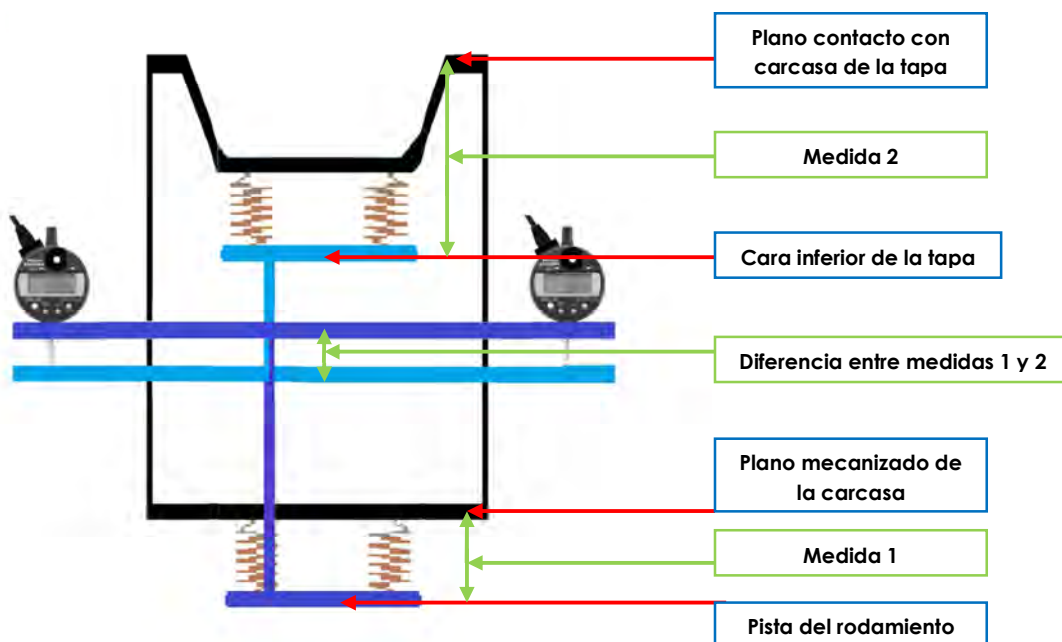


FIGURA 7.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

Este calibre tiene una base y una tapa patrón, con la misma misión que los del calibre del reglaje estudiado en el capítulo anterior, pero este, está diseñado para conseguir 5 centésimas de milímetro de juego en vez de 5 centésimas de mm de precarga.

Para hacer cero en los comparadores, primero se coloca el calibre sobre su base patrón, y luego se le coloca encima la tapa patrón. A continuación, se colocan los 3 tornillos pasantes, y se les da un par de apriete de 30 Nm. Una vez realizado estos pasos ya se pueden colocar a cero los dos relojes. Ver proceso en la Figura 7.2-C.

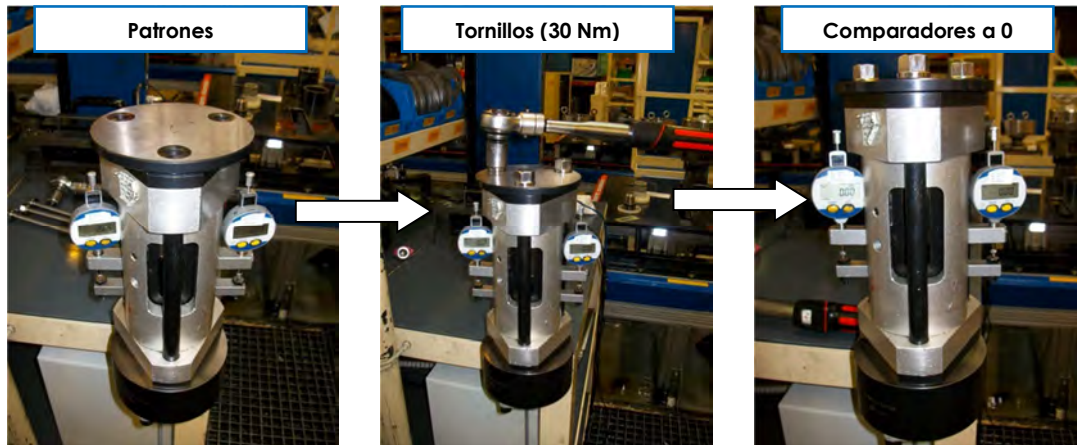


FIGURA 7.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (EJE INTERMEDIO)

Con la puesta a cero de los comparadores realizada, se retiran los tornillos y la tapa patrón, y se lleva el calibre a la transmisión, se coloca sobre la pista del eje intermedio. Luego se coloca sobre el patrón la tapa del eje intermedio que se va a montar y se aprieta el conjunto con los 3 tornillos a 30 Nm. En este momento se toma la medida de los comparadores. Esta es válida si la diferencia de relojes es inferior a cinco centésimas de milímetro, y se formaría el paquete de suplementos usando aproximadamente la media entre los dos comparadores. En caso contrario, si la diferencia es superior a 5 centésimas de milímetro, la medida no se dará por válida. Ver proceso en la Figura 7.2-D.

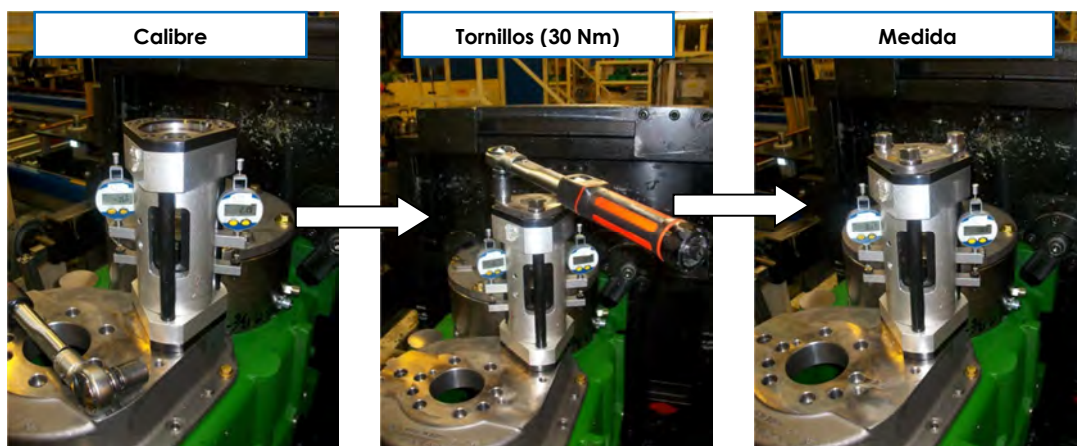


FIGURA 7.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

7.2.2 COMPROBACIÓN

Una vez realizada la medida y con el paquete de suplementos necesario, se puede comprobar que el ajuste final es correcto. Para ello se tiene una serie de útiles para realizar una comprobación manual. Ver Figura 7.2-E.



 FIGURA 7.2-E ÚTILES PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE INTERMEDIO)

La comprobación se realiza montando la tapa del eje intermedio con los suplementos entre esta y la pista. Después se coloca la base imantada sobre la carcasa en la parte interior de la caja y se pone el reloj sobre la cara rectificada del engranaje del eje, tratando de acercarse lo máximo posible al centro del eje. Por último con el comparador bien colocado, se hace cero, y con la palanca se hace fuerza para tratar de levantar el eje. En caso de no registrar movimiento en el comparador, el reglaje se considera no válido, si se registra movimiento y este es menor de 0,1 mm, el reglaje se considera correcto. Ver Figura 7.2-F.



 FIGURA 7.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE INTERMEDIO)

7.3 DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA

El reglaje del eje intermedio se comprueba en el 100% de los productos por los siguientes motivos:

- Reglajes que al comprobar resultan tener precarga en lugar de juego.
- Uso de un mazo para asentar el eje con golpes.
- Proceso inconsistente a la hora de tratar de asentar el eje.

A continuación, se realiza una breve investigación sobre las acciones que se han tomado sobre este reglaje.

El reglaje ha tenido problemas desde el primer día, según datos del departamento de manufactura. En los primeros lotes productivos algunos reglajes daban pequeñas precargas que se salían de especificaciones. Entonces se plantearon dos opciones. La primera era suplementar el patrón del calibre de forma que aumentara el juego teórico de ese calibre en 5 centésimas de milímetro. En la Figura 7.3-A se ve como la base patrón del calibre que está formado por dos piezas, una donde apoya la carcasa del eje, y la otra inferior donde apoya la sonda de la pista. Estas dos piezas van atornilladas, y entre ellas se puede ver el suplemento que añadió el departamento de utilaje.

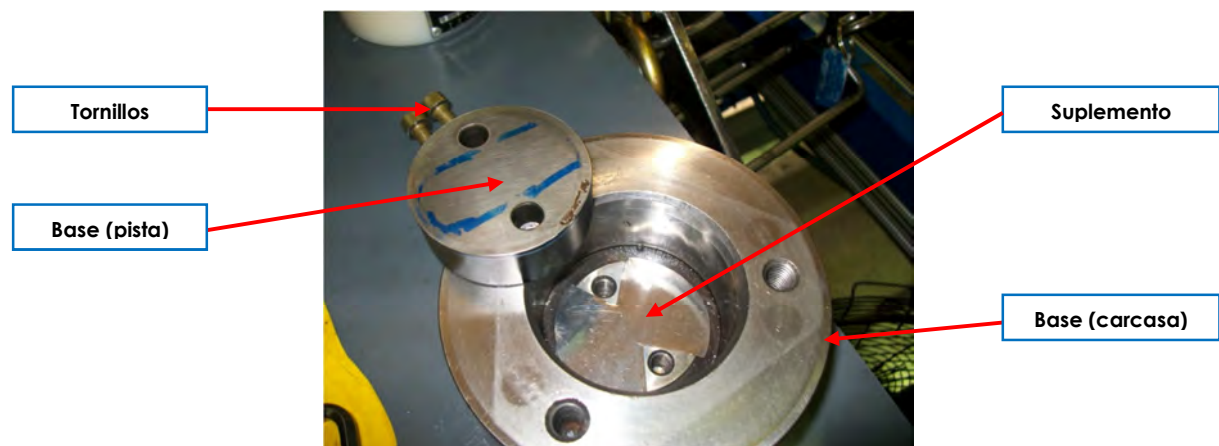


 FIGURA 7.3-A SUPLEMENTO EN LA BASE PATRÓN DEL CALIBRE DEL EJE INTERMEDIO.

La otra opción era la de tratar de asentar el eje, golpeándolo con un mazo de nylon. Esta acción, fue finalmente rechazada por el departamento de calidad, ya que podría dañar algún componente.

7.4 ANÁLISIS

Para tratar de responder a la pregunta anterior, se procede a analizar los aspectos que afectan al producto como se hizo en el capítulo 7 (Materia prima, Útiles y aparatos de medida, factor humano y Proceso).

7.4.1 MATERIA PRIMA

Aquí se trata de ver si todas las posibilidades por las cuales puede variar el reglaje desde el momento que se comprueba, hasta que sale de la línea.

El procedimiento empleado fue el mismo que en capítulo 6.4.1, obteniéndose idénticos resultados.

7.4.2 ÚTILES Y APARATOS DE MEDIDA

Este punto del estudio lo realizó el departamento de utillaje, manufactura y mantenimiento, descartando que algún útil o herramienta fuese una posible causa.

7.4.3 FACTOR HUMANO

Para este apartado, al igual que en el capítulo anterior, se contó con la colaboración del equipo de supervisión de la línea que dio la lista de los operarios capacitados para realizar este reglaje, y se comprobó que estaban correctamente capacitados y que todos habían pasado las auditorias de proceso.

Aun así, se dedicó tiempo a revisar el montaje de 5 cajas con cada uno de los operarios, y en todos los casos se observó que todos seguían el proceso de forma correcta.

Así que también queda descartado el factor humano.

7.4.4 PROCESO

La última opción a estudiar, es que el proceso que se tiene no sea lo suficientemente consistente. Para ello hay que estudiar no solo el proceso de reglaje, sino también el proceso de montaje hasta que sale de la cadena, para ver si alguna operación que se hace a posteriori puede afectar.

Analizando todo el proceso, lo único que afecta a posteriori este reglaje es el montaje del eje de entrada, ya que por diseño tiene suficiente juego para permitir desplazarse.

Lo que si se observa es que una vez el departamento de calidad anuló el asentar el eje con el mazo de nylon, no se ha incluido una alternativa, ***pudiendo medir en muchos casos con el eje sin asentar.***

A la hora de medir con el calibre, se realizan pruebas en la línea, masajeando y girando repetidamente el eje, para comprobar que las jaulas y las agujas de los rodamientos estén asentadas. Tras estas pruebas se observaron variaciones en las medidas importantes (superiores a la décima de milímetro), pudiendo confirmar que las jaulas no se asientan correctamente.

Caja	Medida sin asentar (mm)	Medida asentada (mm)	Diferencia al girar (mm)
1	0,45	0,58	0,13
2	0,60	0,67	0,07
3	0,55	0,67	0,12

4	0,47	0,59	0,12
5	0,44	0,57	0,13
6	0,51	0,62	0,11
7	0,56	0,63	0,07
8	0,66	0,73	0,07
9	0,73	0,84	0,11
10	0,82	0,90	0,08
11	0,76	0,86	0,10
12	0,86	0,94	0,08
13	0,68	0,75	0,07
14	0,58	0,69	0,11
15	0,56	0,68	0,12
16	0,59	0,69	0,10
17	0,63	0,71	0,08
18	0,59	0,67	0,08
19	0,63	0,76	0,13
20	0,85	0,95	0,10
21	0,56	0,66	0,10
22	0,76	0,86	0,10
23	0,68	0,76	0,08
24	0,58	0,71	0,13
25	0,54	0,66	0,12
26	0,66	0,77	0,11
		Media	0,1008

 **FIGURA 7.4-A DIFERENCIA DE MEDIDA AL ASENTAR LOS RODAMIENTOS**

Este desajuste se analiza mediante la observación del montaje de varias transmisiones, concluyendo que ***los engranajes por su forma helicoidal, dificultan que el rodamiento llegue a su correcta posición.***

7.4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Básicamente tenemos las siguientes causas que originan los problemas:

- Los rodamientos no llegan a terminar de asentar al montar el eje.
- Falta de proceso para asentarlos.

En la línea de montaje con el calibre puesto al girar el mismo se pueden registrar como el eje llega a asentar hasta una décima y media de milímetro, pero este asentamiento se registra poco a poco, de forma muy progresiva, llegando a dar hasta 8 vueltas para que se estabilice la medida. Esto supone un aumento a priori considerable del tiempo de montaje, llegando a descompensar la línea, teniendo que reestructurar la línea entera. Durante estas pruebas, se pudo observar como al cambiar el sentido de giro, el eje se asentaba un poco más rápido. Así que en las siguientes cajas se probó, en vez de girar el eje, a agarrarlo y masajearlo en un sentido y en otro. Como resultado el eje asentaba de una forma mucho más rápida y eficaz,

donde antes se daban unas 7 u 8 vueltas para asentar, ahora solo se necesitan unos pocos giros de muñeca.

7.5 ACCIONES

Para solucionar este problema se tomaron las siguientes acciones.

- Se decide cambiar el proceso de reglaje para incluir el asentamiento de los rodamientos.
- También se decide seguir con las comprobaciones, anotando no sólo si el reglaje ha sido válido o no, sino también el valor que obtienen de la comprobación, para realizar un estudio de a qué distancia está realmente el cero del calibre. (Figura 7.5-A).

Caja	Medida calibre girando eje (centésimas de mm)	Paquete de suplementos (centésimas de mm)	Medida de Juego real (centésimas de mm)
1	52	55	9
2	36	40	10
3	50	50	11
4	38	39	10
5	52	54	10
6	39	41	11
7	43	46	10
8	60	64	10
9	52	55	11
10	37	40	10
11	35	42	11
12	48	51	9
13	43	44	11
14	58	60	10
15	72	74	10
16	83	84	11
17	65	64	13
18	54	54	12
19	44	44	10
20	51	50	12
21	64	63	11
22	27	29	10
23	74	74	9
24	98	100	11
25	52	54	11
26	64	65	12
27	59	60	11
28	51	50	14
29	70	69	12
30	60	62	10
31	55	60	9

32	56	61	9
33	65	67	8
34	38	39	10
35	57	60	11
36	35	39	9
37	50	52	9
38	54	53	11
39	36	39	10
40	50	50	12
41	30	30	10
42	28	30	10
43	35	40	10
44	32	34	13
45	39	44	11
46	36	54	12
47	49	40	9
48	53	54	10
49	49	59	12
50	22	50	10
		Media	10,54

 **FIGURA 7.5-A ESTUDIO DE PUESTA A PUNTO CALIBRE EJE INTEMEDIO**

Se observa que el juego medio que da el calibre es de 10,54 centésimas de milímetro, demostrando que el suplemento de 5 centésimas que se añadió antes del estudio no era necesario. También se puede observar que se ha eliminado la dispersión del reglaje, quedando finalmente por debajo de la décima.

Se decide finalmente quitar el suplemento de 5 centésimas, y modificar el proceso para asentar los rodamientos. El tiempo que implica no es lo suficientemente grande como para descompensar el equilibrio de la línea (es menor al 2,5% del tiempo de ciclo).

El nuevo proceso será igual que el anterior, pero antes de tomar la medida, se masajea el eje, moviéndolo un cuarto de vuelta aproximadamente, en cada sentido sin soltar la mano del eje. Ver Figura 7.5-B

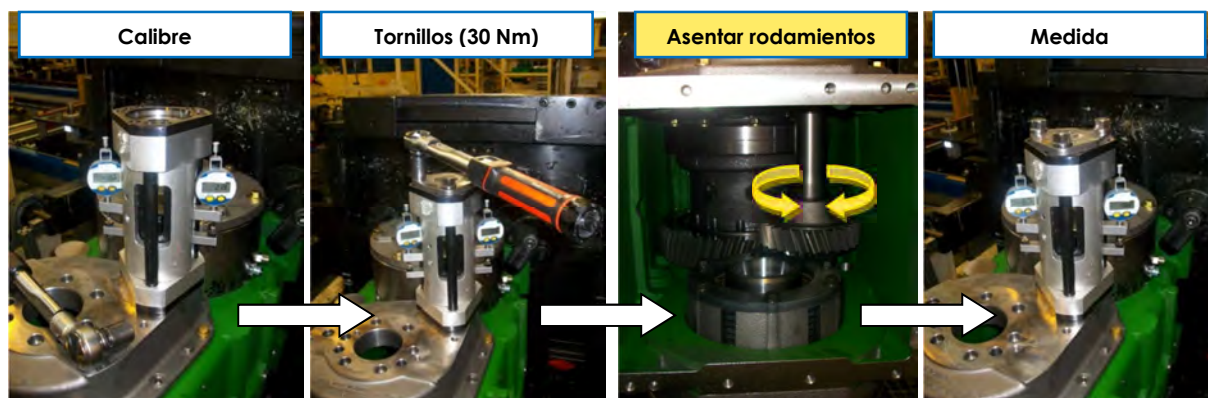


 FIGURA 7.5-B MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

7.6 VERIFICACIÓN

A continuación, en la Figura 7.6-A se muestra un estudio de 30 cajas en los que se puede ver los resultados de las acciones tomadas.

Caja	Medida	Paquete de suplementos	Juego final
1	0,33	0,3	0,06
2	0,29	0,29	0,04
3	0,46	0,44	0,06
4	0,54	0,56	0,04
5	0,32	0,29	0,05
6	0,37	0,34	0,06
7	0,63	0,66	0,03
8	0,4	0,4	0,06
9	0,4	0,4	0,05
10	0,46	0,45	0,06
11	0,56	0,56	0,05
12	0,49	0,48	0,06
13	0,35	0,35	0,05
14	0,49	0,48	0,07
15	0,38	0,39	0,04
16	0,48	0,48	0,06
17	0,6	0,58	0,07
18	0,45	0,44	0,05
19	0,51	0,48	0,05
20	0,56	0,54	0,04
21	0,5	0,49	0,04
22	0,59	0,55	0,07
23	0,64	0,59	0,08
24	0,38	0,36	0,05
25	0,53	0,49	0,05
26	0,6	0,58	0,06
27	0,59	0,58	0,05
28	0,46	0,44	0,06
29	0,49	0,49	0,04
30	0,49	0,48	0,06
		Media	0,053666667
		Desv. Típica	0,011290317

 FIGURA 7.6-A COMPROBACIÓN DEL JUEGO FINAL EN EL REGLAJE DEL RODAMIENTO DEL EJE INTERMEDIO

Se observa que en la variable importante (el juego final) todos los datos son válidos y además no se desvían mucho unos de los otros.

7.7 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

Ya con los datos de la última comprobación, se puede prever el comportamiento del reglaje usando la media (0,053666667) y la desviación típica (0,011290317) de las 30 cajas, para aproximar la probabilidad de que el reglaje sea correcto (0 y 0,1 mm de juego) a una distribución de probabilidad normal.

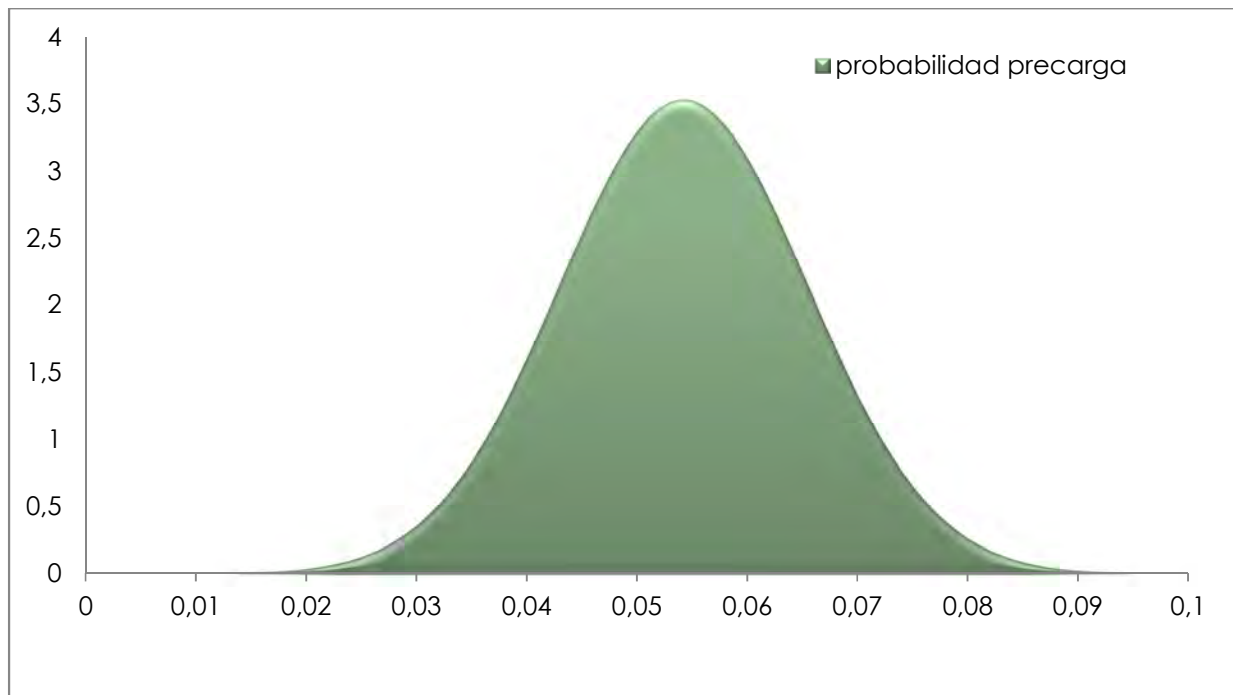


 FIGURA 7.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL JUEGO FINAL

Tras las acciones que han sido tomadas, **la probabilidad final de que un reglaje acabe con el juego correcto (0 y 0,1 mm) es del 99,997868%**, o lo que es lo mismo, **por cada millón de piezas solo sean no aptas aproximadamente 21 de ellas**.

CAPITULO 8: ESTUDIO DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

8.1 REGLAJE FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

La fenólica es un elemento colocado entre la cabeza del eje de entrada donde se ubican los embragues (que va fijada a la carcasa), y el resto de elementos móviles del eje. Tal y como se observa en la Figura 8.1-A.

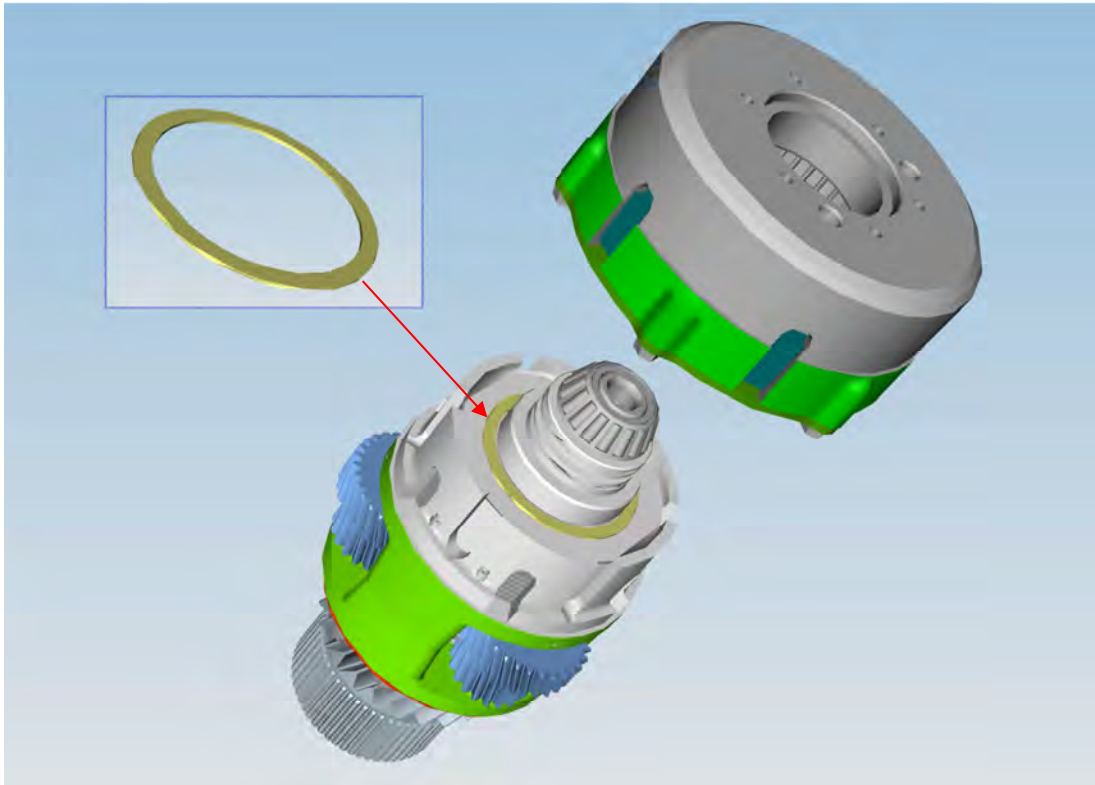


 FIGURA 8.1-A UBICACIÓN DE LA FENÓLICA

La misión de esta pieza es evitar el contacto metal con metal entre partes móviles y fijas del eje. Para garantizar que esta pieza no tenga una vida útil inferior a la de la transmisión, tendrá que **existir un ajuste comprendido entre 0,10 mm y 0,40 mm de juego entre estas piezas.**

En este reglaje los elementos que influyen principalmente son la carcasa, el freno de aparcamiento, el eje de entrada, su tapa y el espesor de la fenólica como se puede ver en la Figura 8.1-B.

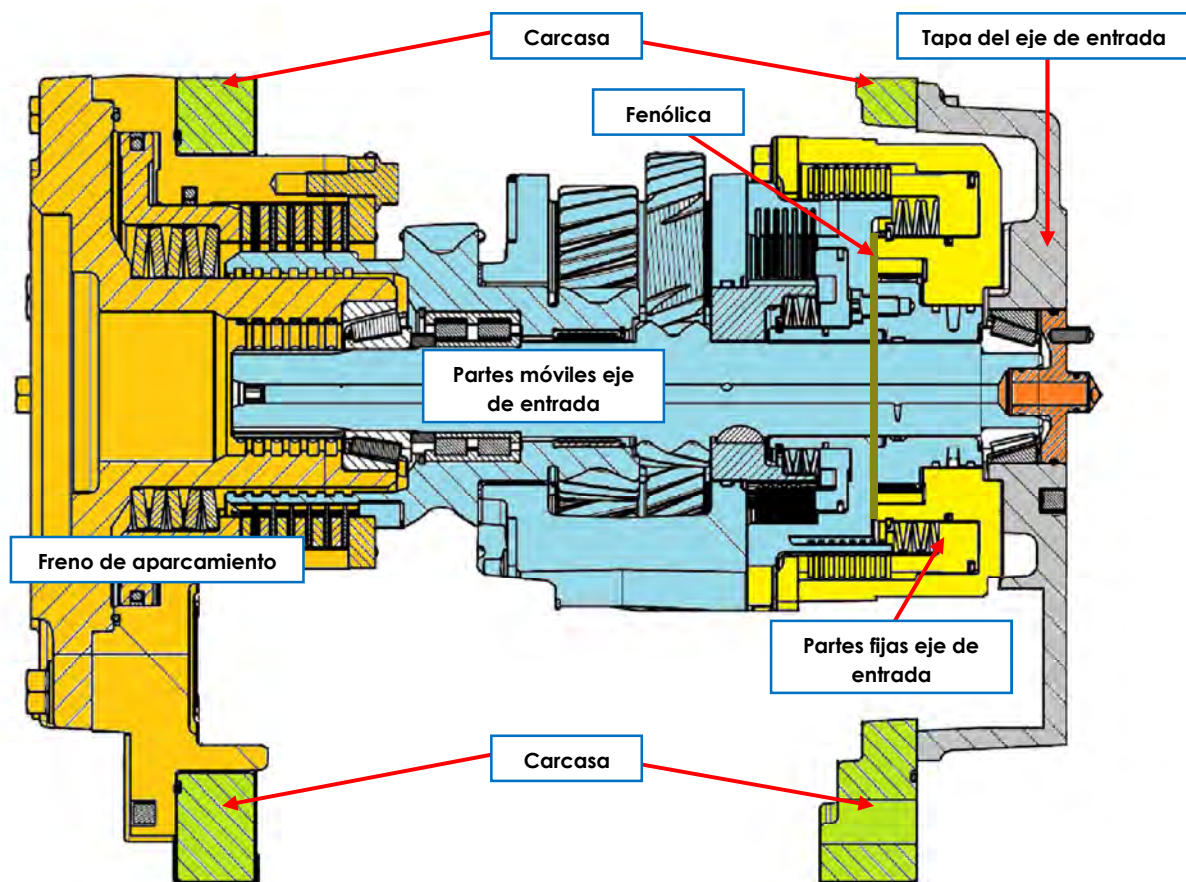


FIGURA 8.1-B ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

Para poder conseguir el ajuste requerido, se introducen entre la parte fija del eje de entrada y la tapa del eje, una combinación de suplementos. Estos suplementos pueden ser de 0'5, 0'25 y 0'1 mm de espesor se colocan según la Figura 8.1-C. En ella se observa claramente que mientras **más suplementos** se tengan, **menor precarga o mayor juego obtendremos**.

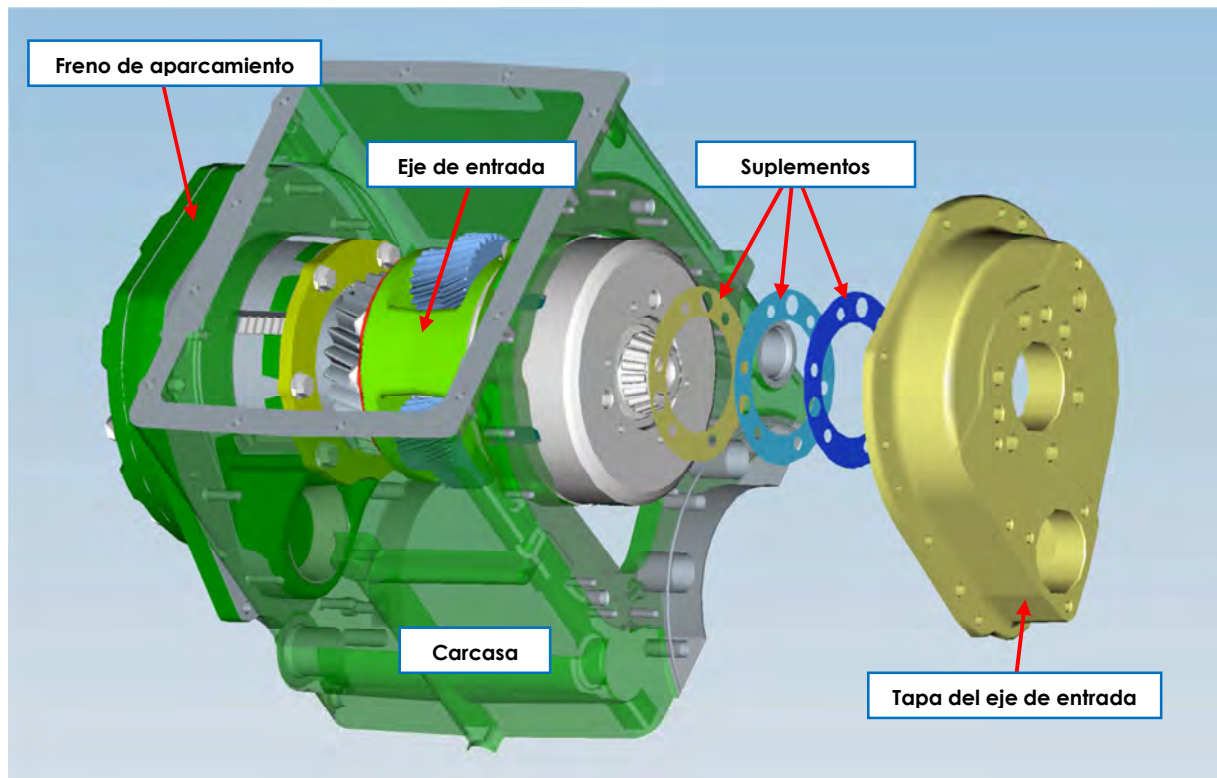


 FIGURA 8.1-C SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

8.2 PROCESO INICIAL DE REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

A continuación se define el proceso y los útiles que se usaban antes de la elaboración de este proyecto. Este reglaje se realiza en el puesto de montaje final número 3, una vez finalizado el reglaje de los rodamientos del eje intermedio.

8.2.1 MEDICIÓN

Para realizar la medición, se emplea un calibre diseñado específicamente para esta función. Este cuenta con una torre computarizada, la cual recibe la información a través de sondas de señal analógica. La torre analiza y trata estas señales y digitaliza el output a través de una pantalla en la parte frontal del mismo. Ver Figura 8.2-A

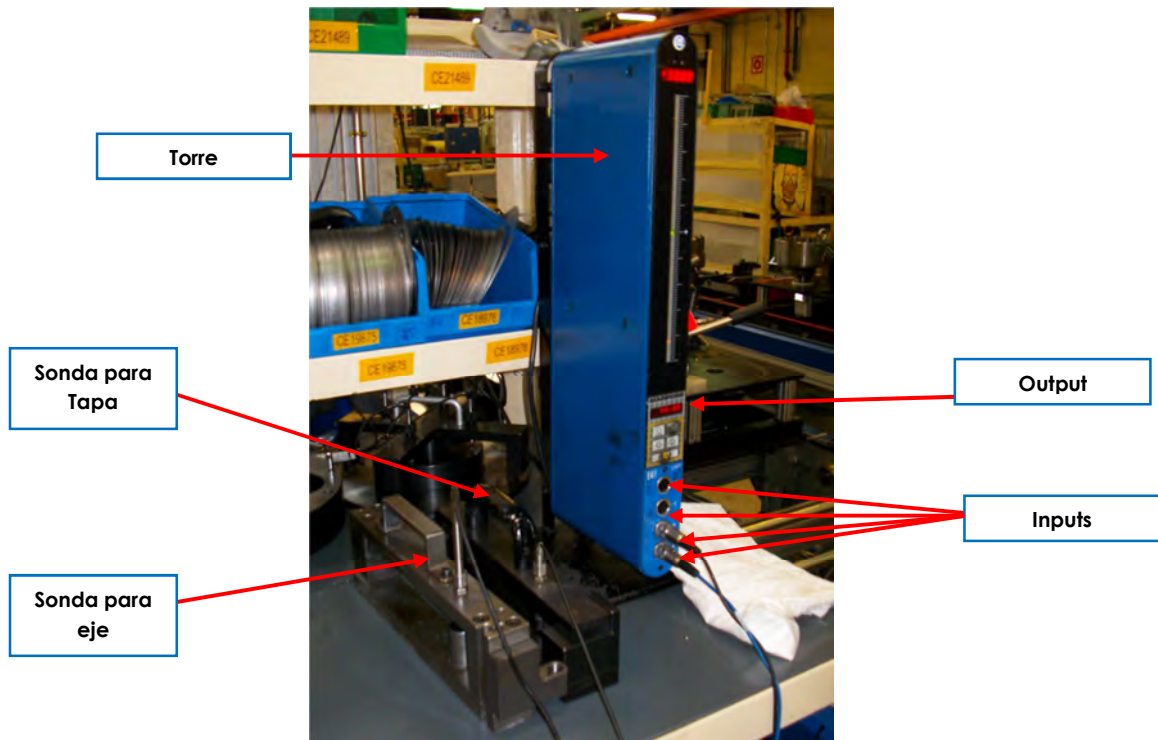


FIGURA 8.2-A CALIBRE REGLAJE FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

Este calibre compara la distancia entre la cara superior del eje de entrada y la cara interior de la tapa del mismo, mientras este eje está perfectamente acoplado al freno de aparcamiento, pudiendo medir así el gap completo que se tiene que suplementar.

Obtiene la medida restando dos cotas. Una de ellas se obtiene de medir la cara inferior de la tapa del eje de entrada con respecto a la cara de la tapa que entra en contacto con la carcasa de la transmisión. La otra se obtiene midiendo sobre la cara superior del **eje** tomando como referencia la cara mecanizada de la carcasa. Ver Figura 8.2-B.

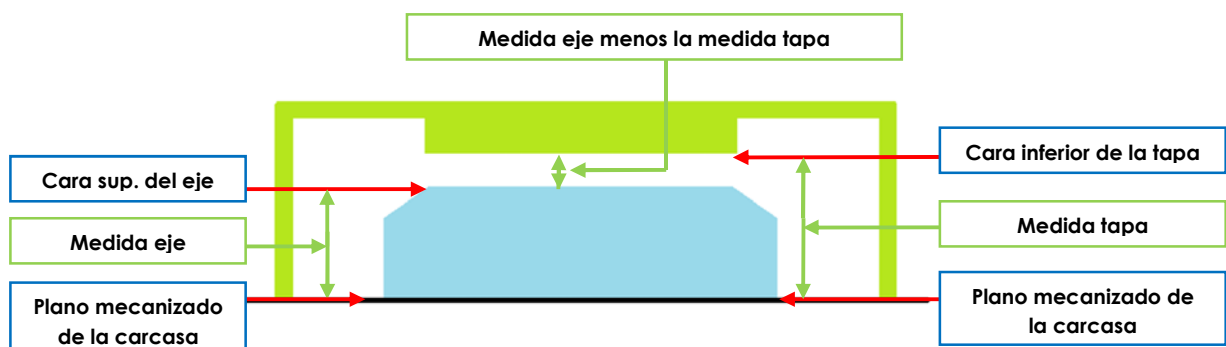


FIGURA 8.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE INTERMEDIO

Cada sonda tiene una base patrón (Figura 8.2-C). Para poner a cero las sondas, deben colocarse sobre su respectiva sonda y presionar el botón SET de la torre.



FIGURA 8.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (EJE INTERMEDIO)

Con la puesta a cero de los comparadores realizada, se lleva la sonda del eje a la transmisión y se coloca sobre el eje de entrada, posicionándose sobre las guías de la carcasa. Luego se coloca la otra sonda sobre la tapa. Ahora se toma la medida de los comparadores y se forma el paquete de suplementos. Ver proceso en la Figura 8.2-D.



FIGURA 8.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

8.2.2 COMPROBACIÓN

Una vez realizada la medida teniendo el paquete de suplementos, se comprueba que el ajuste final es correcto. Para ello se tienen una serie de útiles para realizar una comprobación manual. Ver Figura 8.2-E.

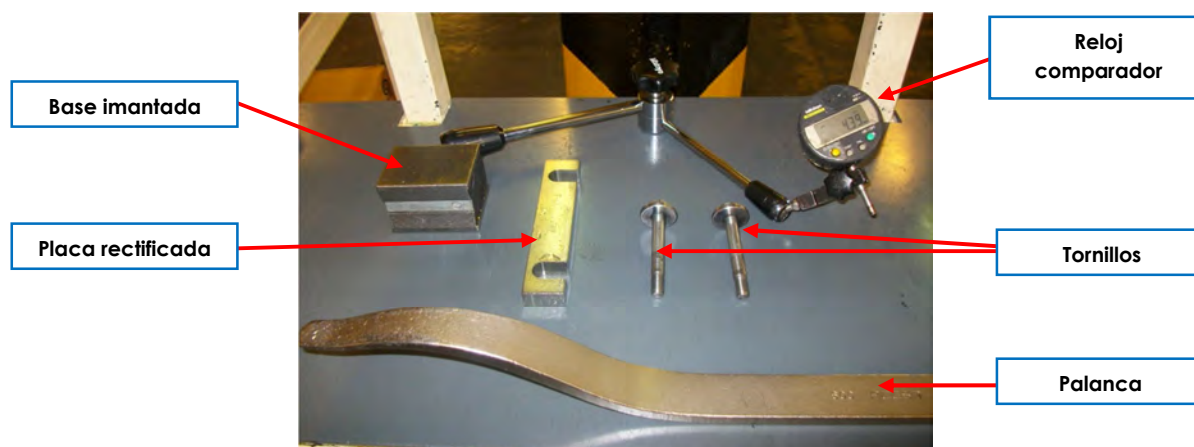


FIGURA 8.2-E ÚTILES PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

La comprobación se realiza montando la tapa del eje de entrada con los suplementos entre esta y el eje. Después, se colocan dos tornillos por los agujeros de la tapa y se enroscan en la cara superior del eje, que se encuentra debajo. El siguiente paso es colocar una placa entre los dos tornillos que hace de puente para poder ejercer fuerza con la palanca y así levantar el eje. Luego se coloca la base imantada sobre cara la exterior de la carcasa y se pone el reloj sobre la cara rectificada de la placa, ya que sobre esta se lee la variación de la posición del eje. Por último con el comparador bien colocado, se hace cero, y con la palanca se hace fuerza para tratar de levantar el eje. Si no se registra movimiento en el comparador o lo hace menos de 0,1 mm o más de 0,4 mm, el reglaje se considera no válido. Si se registra movimiento y este se encuentra entre 0,1 y 0,4 mm, el reglaje se considera correcto. Ver Figura 7.2-F.

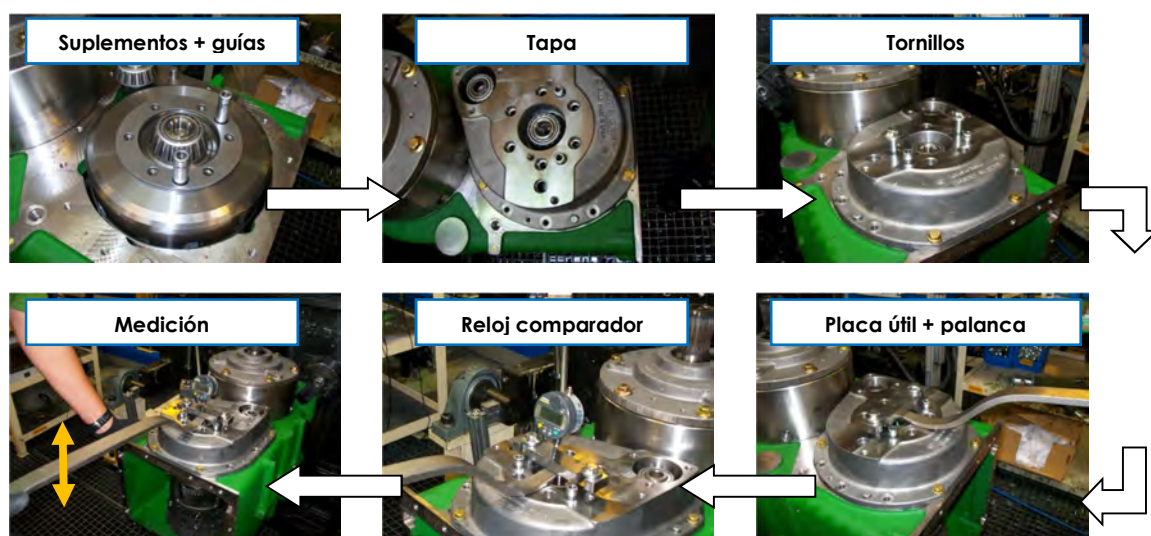


FIGURA 8.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (FENÓLICA)

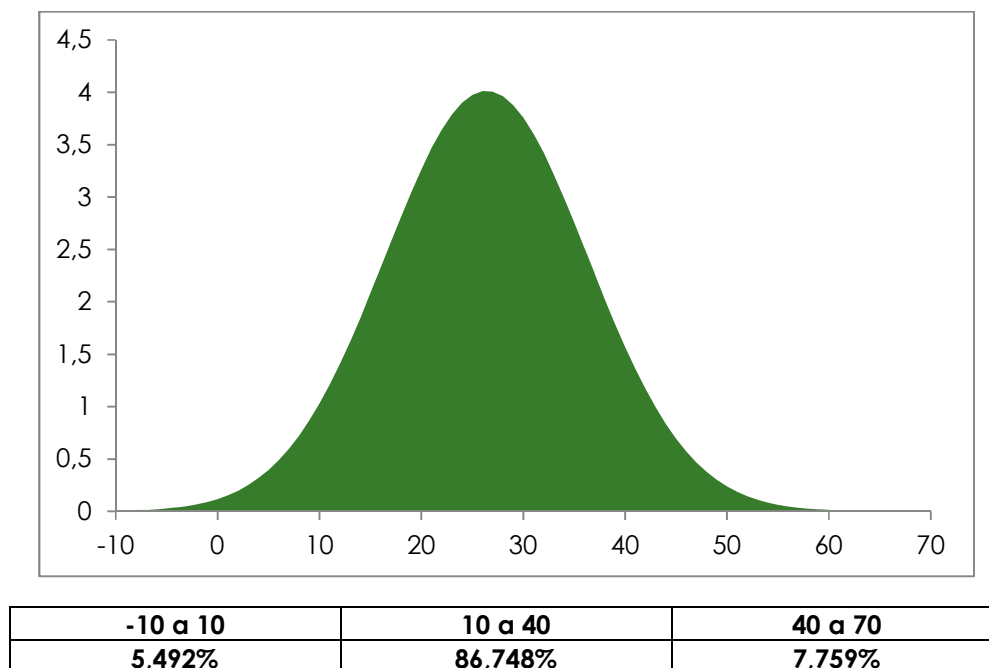
8.3 DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA

El reglaje de la fenólica del eje de entrada se comprueba en el 100% de los productos por los siguientes motivos:

- Reglajes que al comprobar quedan fuera de especificación.
- En el banco de rodadura la transmisión es rechazada por un par de arrastre excesivo.

El primer punto se debe a que al realizar la comprobación se observa, pese a tener una especificación de juego mucho mayor que el resto de los reglajes, medidas en la comprobación bastante superiores a las 40 centésimas de juego y en otras cajas valores en el límite inferior, cercanos a las 10 centésimas de juego.

Se recogen los datos apuntados por los operarios antes de la realización de este proyecto y se observa la probabilidad obtenida.



 **FIGURA 8.3-A PROBABILIDAD PREVIA AL ESTUDIO DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA**

El segundo punto se debe a que a pesar de comprobar y verificar que el reglaje es correcto, después en el banco de rodadura algunas cajas tienen sobrepas de arrastre debido a un rozamiento excesivo de la parte fija del eje con la fenólica de la parte móvil.

8.4 ANÁLISIS

Para tratar de encontrar solución al problema hay que buscar la causa de los mismos, así que se procede a analizar los aspectos que afectan al producto, (Materia prima, Útiles y aparatos de medida, factor humano y Proceso).

8.4.1 MATERIA PRIMA

Aquí se trata de ver si todas las posibilidades por las cuales puede variar el reglaje desde el momento que se comprueba, hasta que sale de la línea.

El procedimiento empleado fue el mismo que en capítulo 6.4.1, obteniéndose idénticos resultados.

8.4.2 ÚTILES Y APARATOS DE MEDIDA

Este punto del estudio lo realizó el departamento de utillaje, manufactura y mantenimiento, descartando que algún útil o herramienta fuese una posible causa.

8.4.3 FACTOR HUMANO

Para este apartado, al igual que en los capítulos anteriores, se contó con la colaboración del equipo de supervisión de la línea que dio la lista de los operarios capacitados para realizar este reglaje, y se comprobó que estaban correctamente capacitados y que todos habían pasado las auditorías de proceso.

Aun así, se dedicó tiempo a revisar el montaje de 5 cajas con cada uno de los operarios, y en todos los casos se observó que todos seguían el proceso de forma correcta.

8.4.4 PROCESO

La última opción, se basa en estudiar el proceso, ya que puede que no sea lo suficientemente consistente. Por ello, hay que estudiar no solo el proceso de reglaje, sino también el proceso de montaje hasta que sale de la cadena, para ver si alguna operación que se hace a posteriori puede afectar.

Analizando todo el proceso, no hay componentes que puedan afectar a posteriori este reglaje.

Observando el proceso de reglaje, destaca que la medición en este caso es diferente al resto, ya que el resto de calibres sólo mide sobre una superficie. En este caso, la sonda apoya directamente sobre el eje en un solo punto. Este punto lo marcan las dos fijas que lleva la carcasa, donde se posiciona la sonda del calibre. Lo sorprendente es que al colocar la sonda al revés (girada 180°) para medir en el punto opuesto de la superficie del eje, la medida es completamente diferente.

Por el contrario en la tapa se realizó la misma prueba y no existió variación alguna.

A partir de este punto se realizan las medidas en diferentes puntos del eje, en varias cajas. En la siguiente figura se pueden ver mediciones colocadas sobre los puntos de la superficie del eje donde se posiciona la sonda.

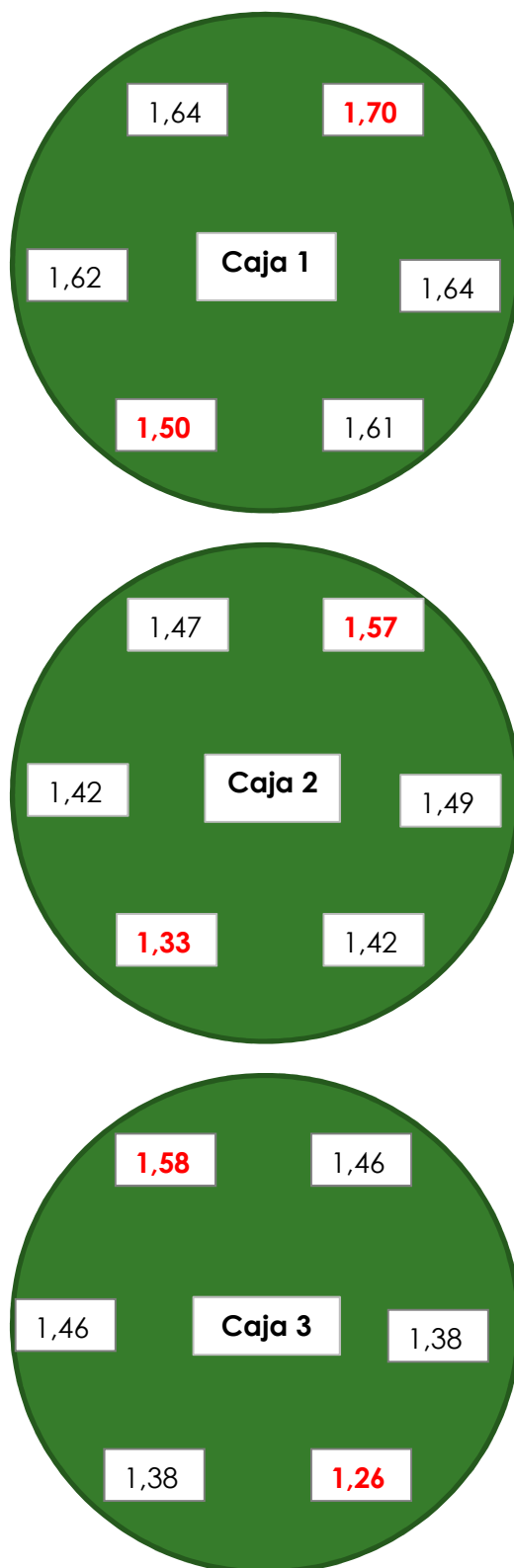


 FIGURA 8.4-A ENSAYO DE MEDIDAS EN EL CONTORNO DEL EJE DE ENTRADA.

En la Figura 8.4-A se ve las mediciones de tres ejes de los diez que se ensayaron, que en todos el punto más bajo se encuentra siempre a 180° con respecto al mayor. Esto indica que la superficie exterior del eje no experimenta una desorientación con respecto al plano que forma superficie de la carcasa.

En la siguiente figura se observa cómo se produce este movimiento.

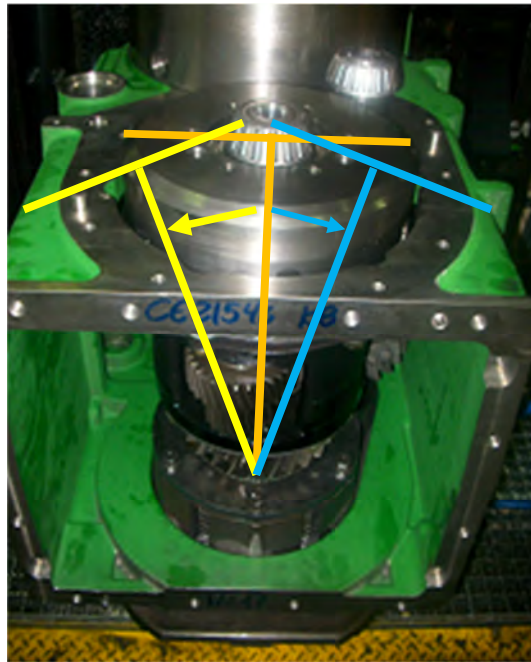


 FIGURA 8.4-B MOVIMIENTO DE BASCULACIÓN DEL EJE

Otro fenómeno que se percibe es que si empujamos el eje con la mano mientras medimos como se indica en la Figura 8.4-C, se observa que: si empujamos el eje a un lado lo máximo posible, obtenemos la medida máxima, y al empujar el eje en el sentido opuesto lo máximo posible, obtenemos la medida mínima.

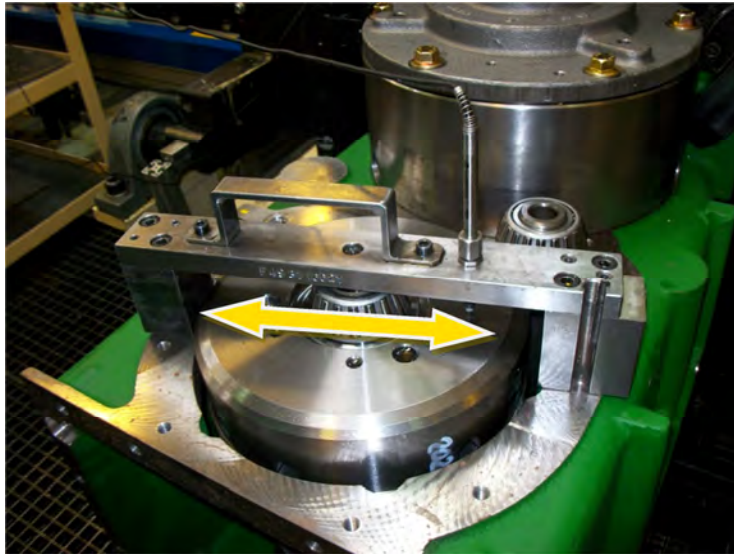


 FIGURA 8.4-C PRUEBA DE MEDIDA DESPLAZANDO EL EJE DE ENTRADA

El resultado de esta prueba nos indica que el eje bascula desde su centro. Y tiene su lógica ya que el eje al realizar este reglaje solo está sujeto por un punto, el apoyo del rodamiento inferior sobre la camisa. También lo sujeta el cubo sobre el freno de aparcamiento, pero **el dentado de estos con los ferodos permite que el eje bascule, dando medidas diferentes.**

También se observó al realizar las comprobaciones, que el hecho de tirar de la palanca influía también en las medidas, ya que no ejerce la misma fuerza un operario que otro. Esta diferencia de medidas se estudió más a fondo de donde procedía, ya que una vez el eje toca con la tapa, ya no se debe desplazar los tornillos. En una de estas comprobaciones, con el operario más fuerte se observó una pequeña **flexión en la placa sobre la que se hace palanca y se mide.**

8.4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Básicamente tenemos las siguientes causas que originan los problemas:

- Se produce un movimiento bascular en el eje que influye sobre las mediciones.
- Al comprobar la placa se flexiona falseando datos.
- La comprobación depende de la fuerza del operario.

Es importante corregir primero el factor relacionado con la comprobación y poder medir manualmente de la forma más correcta. Así se podrá actuar correctamente sobre el calibre, evitando empeorar los resultados.

8.5 ACCIONES

El primer aspecto a corregir fue eliminar el factor de la flexión de la placa, y de tirar manualmente de la palanca. Para ello, sabiendo que se tenían otros cuatro agujeros con rosca en la superficie del eje, se usarían cuatro tornillos productivos con un determinado par (este

será de 30 Nm para no tener llaves manuales con diferente par en el puesto, evitando posibles confusiones) haciendo que levanten el eje hasta pegarlo a la tapa con los suplementos, recorriendo así la medida del juego resultante.

En los otros dos agujeros donde se montaba en puente con la placa, se colocan dos tornillos más largos con la cara superior rectificada, para poder medir de forma precisa sobre ellos.

Para medir este recorrido se necesitan dos relojes comparadores con un soporte tipo pórtico con base imantada para fijarse en la tapa y que se pueda colocar sobre los tornillos para medir.

Tras reunir al departamento de utillaje, calidad y manufactura, se aprueba este paso y se fabrican los útiles. Estos se pueden ver en la siguiente figura.

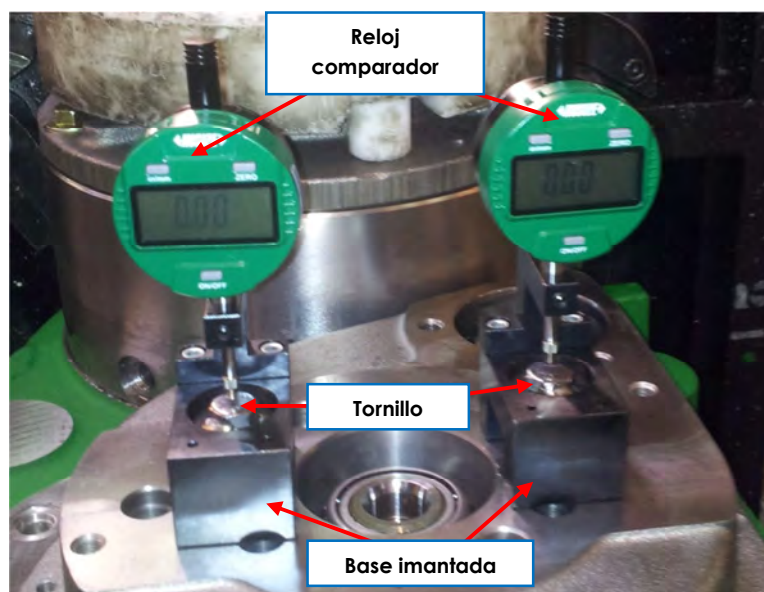


 FIGURA 8.5-A ÚTILES NUEVOS PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

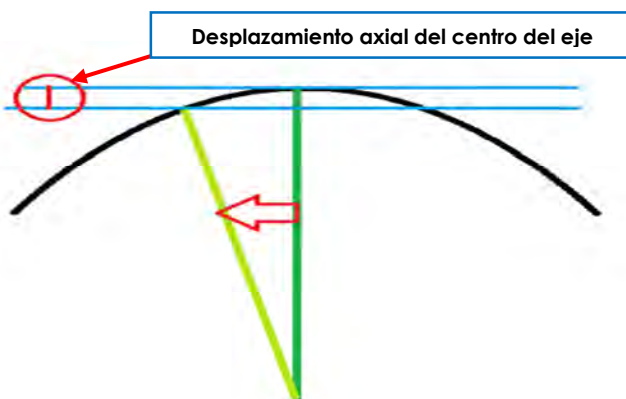
El nuevo proceso de comprobación sería el siguiente: colocar los tornillos, los relojes y hacer cero. Colocar los 4 tornillos en su posición y apretarlos (par de 30 Nm). El juego final es la media de los dos relojes.



 FIGURA 8.5-B PROCESO NUEVO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

Ya con este factor aclarado, se ve que el movimiento del eje se realiza con el centro como punto de giro. Así, la posición de la parte superior del eje se puede obtener de la media entre las medidas en 2 puntos enfrentados 180° a la misma distancia del centro, o en 4 puntos a 90° uno de otros, a la misma distancia del centro.

El eje al balancear también desplaza verticalmente el punto de referencia (centro de la cara superior), pudiendo afectar a la medida. En la siguiente figura se ve de manera detallada este fenómeno.



 **FIGURA 8.5-C DEMOSTRACIÓN GRÁFICA DEL DESPLAZAMIENTO VERTICAL DEL CENTRO DEL EJE**

Pero si se observa como máximo un desplazamiento horizontal de 0,4 cm en el punto de medición a una distancia de 8,5 cm del centro. La altura del eje (radio de giro) es de 400 mm lo que el desplazamiento produce una inclinación aproximada de $0,71^\circ$, esto se traduce en un desplazamiento aproximado de dos centésimas, o lo que es lo mismo un 6,6% del margen de 30 centésimas que se tiene para realizar el reglaje por lo cual se puede despreciar este fenómeno.

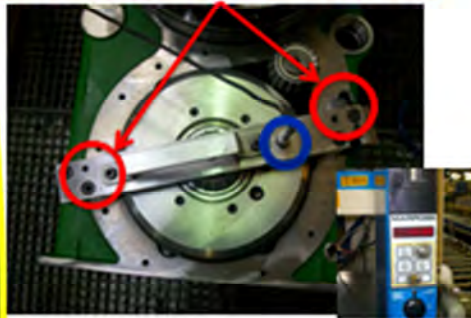
Para corroborar la hipótesis de que la media de las dos medidas tomadas en puntos opuestos es correcta, se hace un estudio definiendo un nuevo proceso que incluya medir en dos puntos y calcular la media.

La variación del proceso se les explica a los operarios y se recuerda mediante el siguiente aviso en el puesto de trabajo.

Proceso de reglaje de la fenólica del eje de entrada

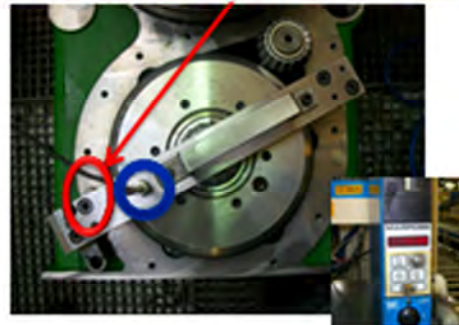
Medida 1

Se mide sobre las fijas de la carcasa
(Colocar sonda para encajar las dos fijas)



Medida 2

Se mide a 180° del punto anterior
(Colocar sonda sobre la parte inferior de la fía)



El paquete de suplementos se realizaran haciendo la media de la medición 1 y la medición 2.

(Tolerancia ± 2 centésimas)

$$P.Suplemento = \frac{\text{Medición}_1 + \text{Medición}_2}{2}$$



FIGURA 8.5-D VARIACIÓN DEL PROCESO PARA ENSAYO CON MEDICIÓN MEDIA.

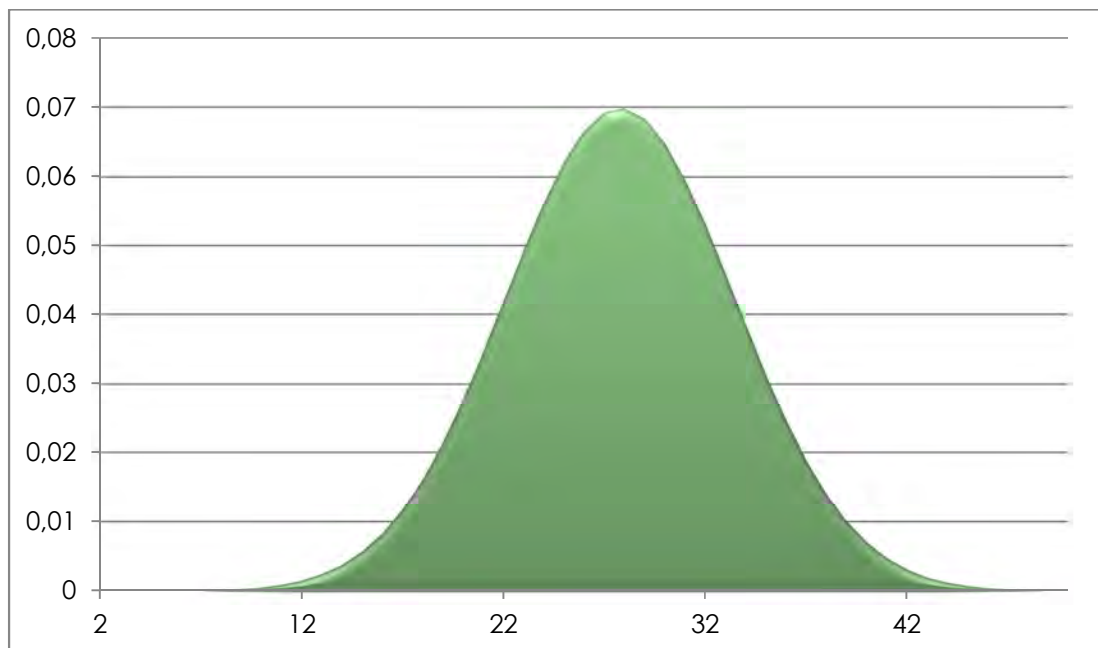
Se midieron 40 cajas realizando este proceso, los resultados fueron los siguientes:

Caja	Medida 1	Medida 2	Media	Paquete	Juego	Media - paquete	Juego Final
1	1,64	1,68	1,66	1,64	0,24	0,02	0,22
2	1,1	0,66	0,88	0,83	0,3	0,05	0,25
3	1,72	1,82	1,77	1,71	0,33	0,06	0,27
4	1,72	1,65	1,68	1,72	0,25	-0,04	0,29
5	1,46	1,62	1,54	1,56	0,27	-0,02	0,29
6	1,41	1,37	1,39	1,4	0,28	-0,01	0,29
7	2,03	1,58	1,8	1,79	0,3	0,01	0,29
8	1,82	1,88	1,85	1,79	0,35	0,06	0,29
9	0,8	1,2	1	1,1	0,21	-0,1	0,31
10	1,74	1,7	1,72	1,77	0,26	-0,05	0,31
11	1,71	1,52	1,61	1,64	0,32	-0,03	0,35
12	1,59	1,52	1,55	1,56	0,34	-0,01	0,35
13	1,47	1,47	1,47	1,47	0,35	0	0,35
14	1,33	1,4	1,36	1,34	0,37	0,02	0,35
15	1,78	1,7	1,74	1,77	0,33	-0,03	0,36
16	1,26	1,37	1,31	1,31	0,31	0	0,31
17	1,74	1,7	1,72	1,7	0,4	0,02	0,38
18	1,46	1,58	1,52	1,6	0,27	-0,08	0,35

19	1,72	1,67	1,69	1,7	0,33	-0,01	0,34
20	1,96	1,92	1,94	1,9	0,39	0,04	0,35
21	1,8	1,4	1,6	1,64	0,2	-0,04	0,24
22	1,93	1,44	1,68	1,74	0,2	-0,06	0,26
23	1,53	1,59	1,56	1,58	0,26	-0,02	0,28
24	1,65	1,41	1,53	1,56	0,27	-0,03	0,3
25	1,58	1,61	1,59	1,61	0,21	-0,02	0,23
26	1,64	1,48	1,56	1,54	0,25	0,02	0,23
27	1,58	1,49	1,53	1,55	0,23	-0,02	0,25
28	1,55	1,54	1,54	1,57	0,19	-0,03	0,22
29	1,28	1,13	1,2	1,22	0,2	-0,02	0,22
30	1,22	1,24	1,23	1,24	0,21	-0,01	0,22
31	1,38	1,42	1,4	1,42	0,29	-0,02	0,31
32	1,61	1,41	1,51	1,55	0,15	-0,04	0,19
33	1,63	1,62	1,62	1,58	0,25	0,04	0,21
34	1,67	1,51	1,59	1,57	0,25	0,02	0,23
35	1,19	1,34	1,26	1,28	0,26	-0,02	0,28
36	1,47	1,45	1,46	1,44	0,35	0,02	0,33
37	1,49	1,67	1,58	1,55	0,16	0,03	0,13
38	1,38	1,57	1,47	1,46	0,21	0,01	0,2
39	1,68	2,01	1,84	1,79	0,25	0,05	0,2
40	1,61	1,47	1,54	1,52	0,3	0,02	0,28
Media							27,775

 **FIGURA 8.5-E RESULTADOS DEL ENSAYO REALIZANDO LA MEDIDA MEDIA.**

Con la media y la desviación de esta población de transmisiones obtenemos la distribución de probabilidad, que se muestra a continuación



	-10 a 10	10 a 40	40 a 70
Antes	5,492%	86,748%	7,759%
Ahora	0,092%	98,298%	1,483%

 **FIGURA 8.5-F PROBABILIDAD DEL REGLAJE DE LA FENOLICA DEL EJE DE ENTRADA**

Se observa según los datos una mejora de 12% aproximadamente. Con estas cifras se decide fabricar un nuevo calibre, para ello el ingeniero de manufactura me pone en contacto con el proveedor que se encargará de buscar una solución. Unos días después de reunirnos y aclarar cómo se tiene que realizar las mediciones, se ofrece una oferta que es aceptada por el departamento de manufactura.

La solución está formada por un calibre nuevo, parecido al actual, pero que en lugar de medir en un punto, lo hace en 4 puntos en el eje realizando la media, y lo mismo en la tapa, dando como resultado la diferencia entre los dos. Para ello, se usa una pantalla computarizada mediante un sistema operativo (Windows) y un software de medidas. A este se le conectan las 8 sondas y calcula las medidas. El sistema posee comunicación con la trazabilidad de la línea y una base de datos interna, de forma que los valores de las mediciones se registran automáticamente tanto en la memoria del calibre como en el servidor de trazabilidad.



 FIGURA 8.5-G PANTALLA DEL CALIBRE NUEVO



 FIGURA 8.5-H ÚTIL CON SONDAS PARA MEDIDA DEL EJE DE ENTRADA



FIGURA 8.5-I ÚTIL CON SONDAS PARA MEDIDA DE TAPA DEL EJE DE ENTRADA

En la pantalla, el operario puede hacer cero el calibre con las sondas en sus respectivas bases patrón, pulsando los botones "CERO". También tiene el botón de medida "VALIDAR" para que, cuando está midiendo, se registre la medida y se valide el dato en trazabilidad.

El proceso de medida es idéntico al anterior pero esta vez con el calibre nuevo.



FIGURA 8.5-J PROCESO DE REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

8.6 VERIFICACIÓN

A continuación, en la Figura 8.6-A se muestra un estudio de 60 cajas en los que se puede ver los resultados de las acciones tomadas en mm.

Caja	Medida calibre	Paquete	Juego	Calibre-Paquete	Juego Final
1	1,34	1,36	0,23	-0,02	0,25
2	1,41	1,37	0,33	0,04	0,29
3	1,23	1,24	0,2	-0,01	0,21
4	1,32	1,33	0,17	-0,01	0,18
5	1,33	1,35	0,19	-0,02	0,21
6	1,14	1,09	0,32	0,05	0,27
7	1,3	1,33	0,2	-0,03	0,23
8	1,42	1,24	0,44	0,18	0,26
9	1,17	1,05	0,36	0,12	0,24
10	1,35	1,36	0,19	-0,01	0,2
11	1,25	1,25	0,22	0	0,22
12	1,21	1,23	0,22	-0,02	0,24
13	1,38	1,37	0,29	0,01	0,28
14	1,26	1,24	0,21	0,02	0,19
15	1,2	1,16	0,27	0,04	0,23
16	1,11	1,15	0,22	-0,04	0,26
17	1,4	1,36	0,27	0,04	0,23
18	1,01	1,05	0,23	-0,04	0,27
19	1,01	1,05	0,23	-0,04	0,27
20	0,78	0,72	0,28	0,06	0,22
21	1,45	1,33	0,37	0,12	0,25
22	1,18	1,16	0,28	0,02	0,26
23	1,33	1,33	0,2	0	0,2
24	1,51	1,47	0,29	0,04	0,25
25	1,27	1,24	0,23	0,03	0,2
26	1,33	1,26	0,35	0,07	0,28
27	1,32	1,32	0,255	0	0,255
28	1,31	1,32	0,25	-0,01	0,26
29	1,09	1,05	0,28	0,04	0,24
30	1,1	1,06	0,29	0,04	0,25
31	1,12	1,15	0,17	-0,03	0,2
32	1,15	1,15	0,25	0	0,25
33	1,24	1,24	0,29	0	0,29
34	0,92	0,88	0,28	0,04	0,24
35	1,46	1,46	0,27	0	0,27
36	1,3	1,28	0,27	0,02	0,25
37	1,2	1,14	0,275	0,06	0,215
38	0,99	0,94	0,3	0,05	0,25
39	0,95	0,85	0,33	0,1	0,23
40	1,22	1,15	0,29	0,07	0,22
41	1,34	1,24	0,28	0,1	0,18
42	1,17	1,05	0,36	0,12	0,24
43	1,29	1,24	0,295	0,05	0,245
44	1,18	1,16	0,25	0,02	0,23

45	1,14	1,15	0,21	-0,01	0,22
46	1,27	1,26	0,19	0,01	0,18
47	1,17	1,13	0,31	0,04	0,27
48	1,21	1,17	0,28	0,04	0,24
49	1,24	1,23	0,29	0,01	0,28
50	1,15	1,14	0,29	0,01	0,28
51	1,17	1,15	0,28	0,02	0,26
52	1,32	1,35	0,22	-0,03	0,25
53	1,15	1,14	0,25	0,01	0,24
54	1,07	1,07	0,24	0	0,24
55	1,05	1,06	0,25	-0,01	0,26
56	1,29	1,24	0,24	0,05	0,19
57	1,07	1,05	0,3	0,02	0,28
58	1,37	1,37	0,18	0	0,18
59	1,03	0,98	0,29	0,05	0,24
60	1,27	1,25	0,3	0,02	0,28
Media					0,24
Desv. típica					0,0297


FIGURA 8.6-A COMPROBACIÓN DE LA JUEGO FINAL REGLAJE DE LA FENÓLICA DEL EJE DE ENTRADA

Se observa que en la variable importante, el juego final, todos los datos son válidos y además no se desvían mucho unos de los otros.

8.7 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

Ya con los datos de la última comprobación, se puede prever el comportamiento del reglaje usando la media (0,239916667) y la desviación típica (0,02968574) de las 30 cajas, para aproximar la probabilidad de que el reglaje sea correcto (0,1 y 0,4 mm de juego) a una distribución de probabilidad normal.

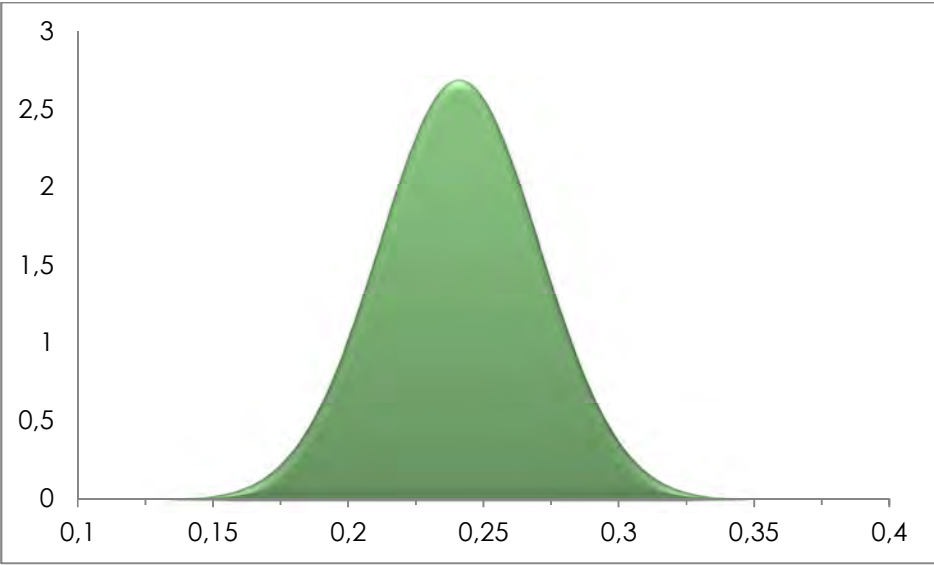



FIGURA 8.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL JUEGO FINAL

Tras las acciones que han sido tomadas, **la probabilidad final de que un reglaje acabe con el juego correcto (0,1 y 0,4 mm) es del 99,99987464%**, o lo que es lo mismo, **por cada millón de piezas solo sean no aptas aproximadamente 1,25 de ellas.**

CAPITULO 9: ESTUDIO DEL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

9.1 REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

El ajuste de los rodamientos del eje de entrada tiene que quedar **entre 0.00 mm y un juego de 0,10 mm**.

Es muy importante que este reglaje se realice después del de la fenólica, ya que la variación de éste afecta directamente sobre este. Esto se debe a que los suplementos del reglaje anterior modifican la distancia que tenemos entre la tubería interior y el rodamiento del eje de entrada.

En este reglaje, los elementos que influyen principalmente son las dos parejas de rodamiento-pista (naranja), el eje de entrada (amarillo), el freno de aparcamiento (azul), la tapa lateral del eje (gris), la tubería interior que conecta el eje de entrada al cuerpo de válvulas, conocida como "tapita" (rojo), y la carcasa (verde), como se puede ver en la Figura 9.1-A.

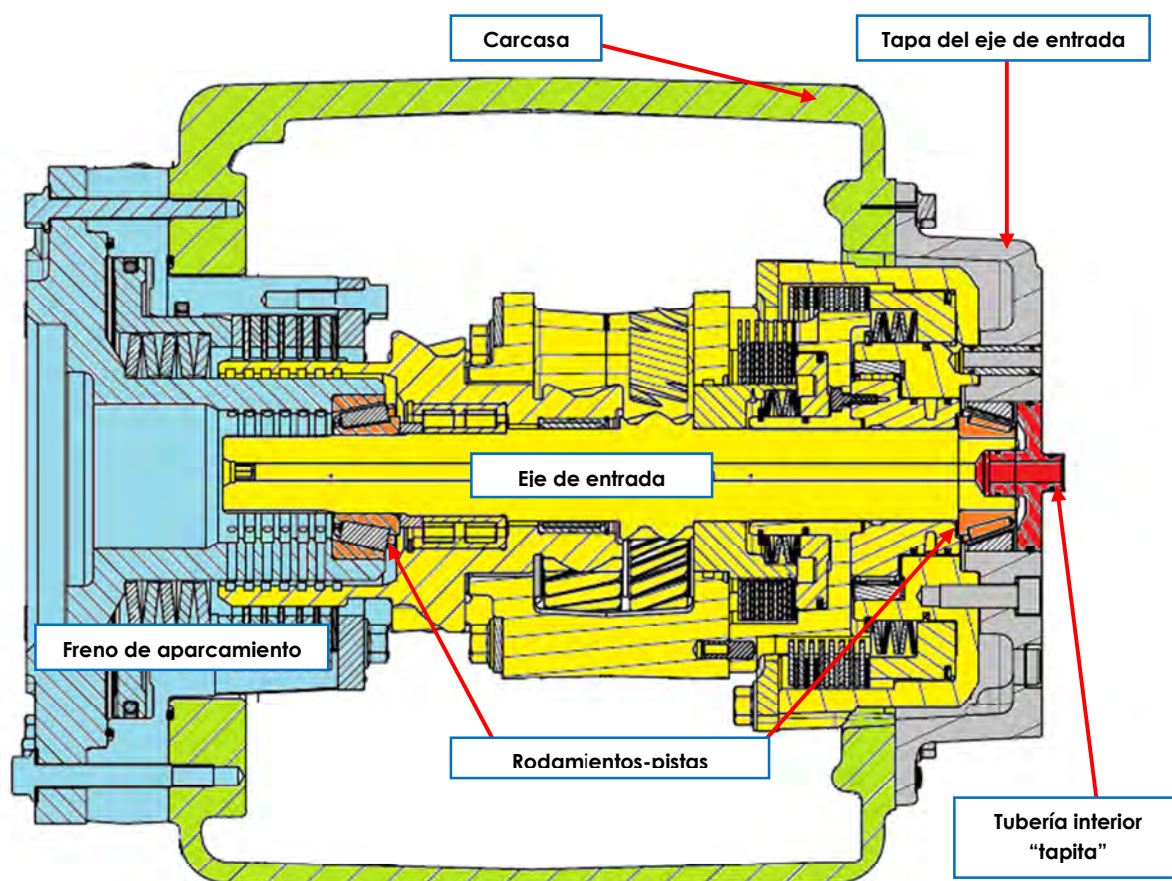


 FIGURA 9.1-A ELEMENTOS DE INFLUENCIA EN EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

Para poder conseguir el ajuste requerido, se introducen entre la pista superior y la tubería interior, una combinación de suplementos. Estos suplementos pueden ser de 0'5, 0'25 y 0'1 mm de espesor. Los suplementos se colocan según la (Figura 9.1-B), donde se observa claramente que mientras **más suplementos** se tengan, **menor precarga o mayor juego obtendremos**.

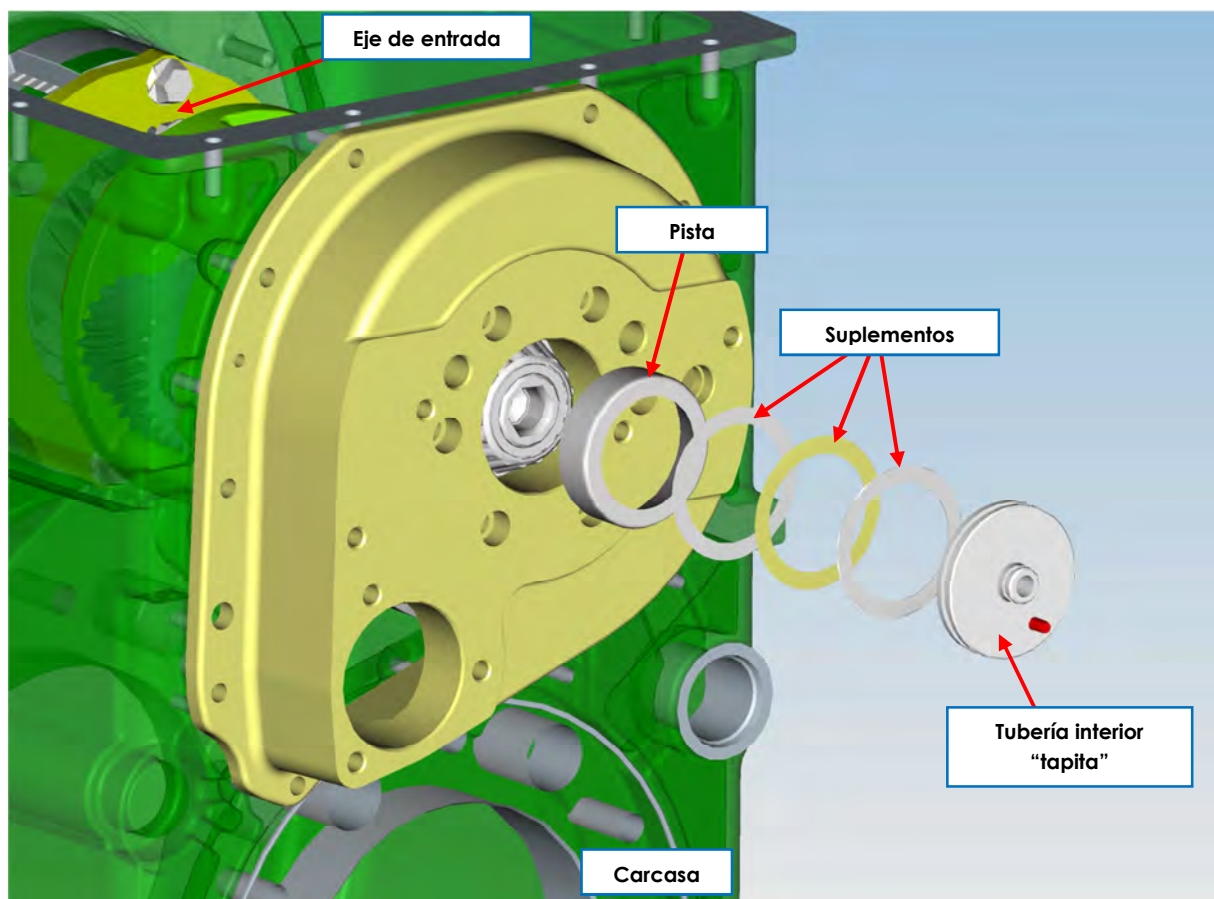


 FIGURA 9.1-B SUPLEMENTOS PARA EL REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

9.2 PROCESO INICIAL DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE ENTRADA

A continuación se define el proceso y los útiles que se usaban antes de la elaboración de este proyecto.

Este reglaje se realiza en el puesto de montaje final número 4.

9.2.1 MEDICIÓN

Para realizar la medición, se emplea un calibre diseñado específicamente para esta función,

A diferencia del resto de calibre, las características del reglaje nos permiten que la cara exterior de la tubería inferior "tapita" quede como mínimo al mismo nivel que la cara mecanizada exterior de la tapa del eje de entrada o como máximo 0,1mm por debajo. Esto

permite realizar una sola toma ya que al medir con todas las piezas montadas comparamos directamente la distancia tapa-tubería. Ver Figura 9.2-A.



FIGURA 9.2-A CALIBRE REGLAJE RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

Este calibre mide la cara exterior de la tapita, con respecto a la cara de la tapa que entra en contacto con la carcasa de la transmisión. La otra cota se obtiene midiendo sobre la pista del rodamiento, tomando como referencia la cara mecanizada de la carcasa. Ver Figura 9.2-B.

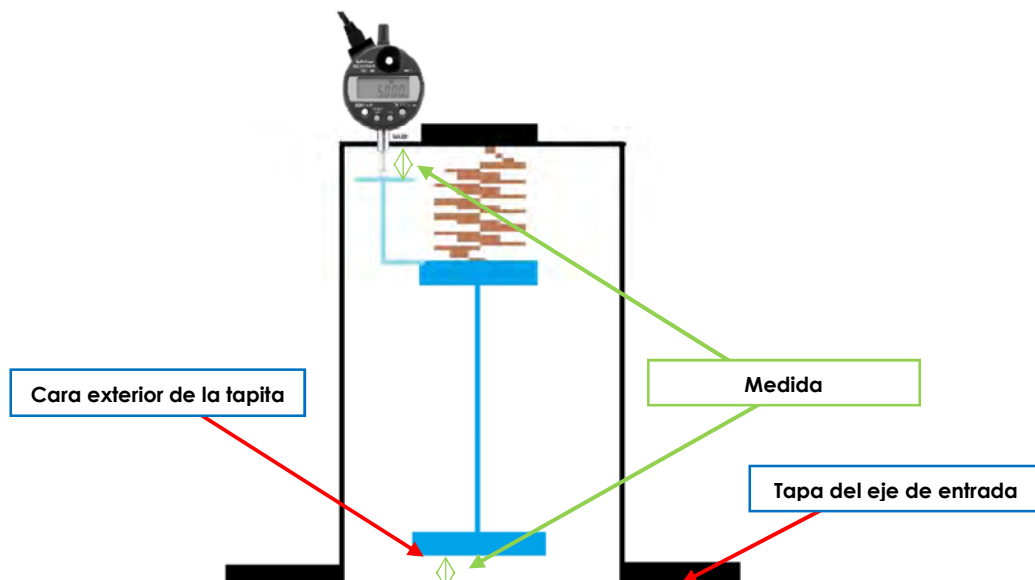


FIGURA 9.2-B ESQUEMA DE MEDICIÓN DEL CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

Este calibre tiene una base patrón, es decir, tiene en su base una cara rectificada que nos sirve para que al colocar el calibre sobre ella y se alinee perfectamente la parte que mide sobre la tapita y la que mide sobre la tapa del eje, permitiendo hacer 0 en el comparador. La base

realmente no es plana, ya que la zona de contacto del calibre con la tapita esta rebajado, para que la medida del comparador indique directamente el paquete de suplementos y así tener un juego de 5 centésimas de milímetro. Para evitar que la zona de la tapita no toque la zona sin rectificar, el calibre tiene dos tornillos que han de colocarse para posicionar el mismo en la base. Para hacer cero es necesario haber apretado a mano previamente estos dos tornillos. La posición de estos coincide con la posición, diámetro y rosca que los que unen el cuerpo de válvulas a la tapa del eje de entrada, así a la hora de medir en la transmisión también se puede utilizar estos mismos tornillos para fijarlo en la posición correcta. Ver proceso en la Figura 9.2-C.

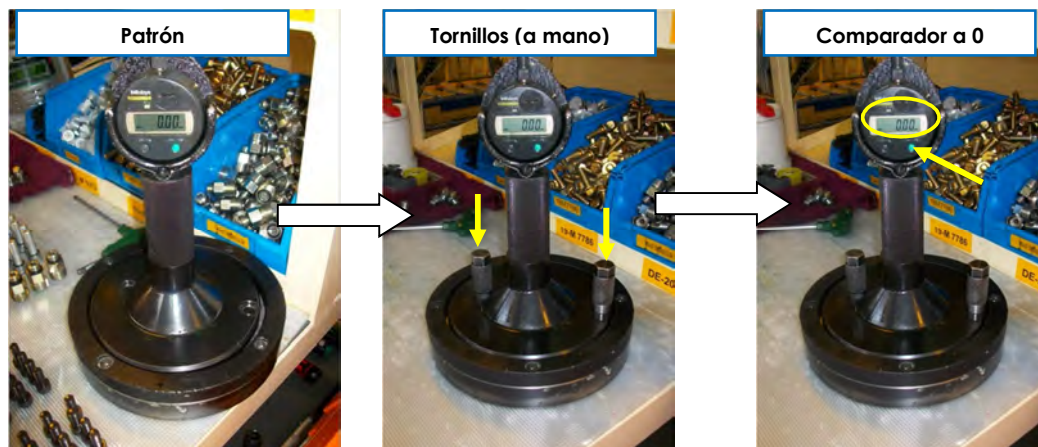


FIGURA 9.2-C PUESTA A CERO DE LOS COMPARADORES DEL CALIBRE (EJE DE ENTRADA)

Con la puesta a cero del comparador realizada y con la pista del rodamiento y la tapita montadas en la caja, se coloca el calibre sobre los mismos. Después se posiciona colocando los tornillos sobre los agujeros roscados del cuerpo de válvulas y se aprietan a mano. Por último se prepara el paquete de suplementos con la medida que marca el reloj. Ver Figura 9.2-D.

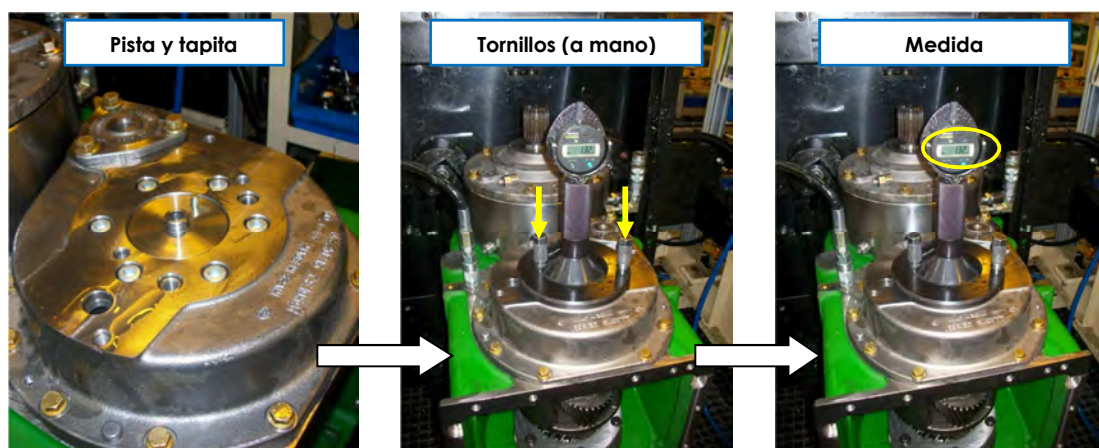


FIGURA 9.2-D PROCESO DE REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

9.2.2 COMPROBACIÓN

Realizada la medida y con el paquete de suplementos, se comprueba que el ajuste final es correcto. Para ello se tienen una serie de útiles para realizar una comprobación manual. Ver Figura 9.2-E.

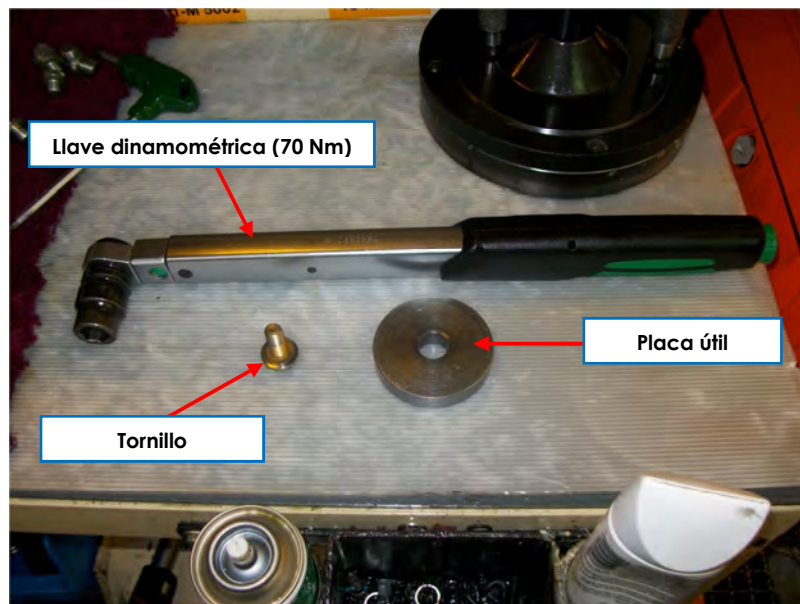


FIGURA 9.2-E ÚTILES PARA LA COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE DE ENTRADA)

La comprobación se realiza montando la placa útil, esta se fija, mediante el tornillo, en el agujero roscado izquierdo donde se aprieta el cuerpo de válvulas y se le tiene que dar un par de apriete de 70 Nm. A continuación, se intenta girar la tapita mediante el pin que lleva premontado. Si esta gira significa que la placa está ejerciendo presión sobre la cara de la tapa del eje (superficie de referencia) y no sobre la tapita, confirmando que esta última se encuentra por debajo indicando un reglaje correcto. Si por el contrario, no podemos girar la tapita con la mano, es que la placa está presionándola, lo que significa que está por encima de la cara de la superficie de referencia, indicando un reglaje incorrecto. Ver Figura 9.2-F.

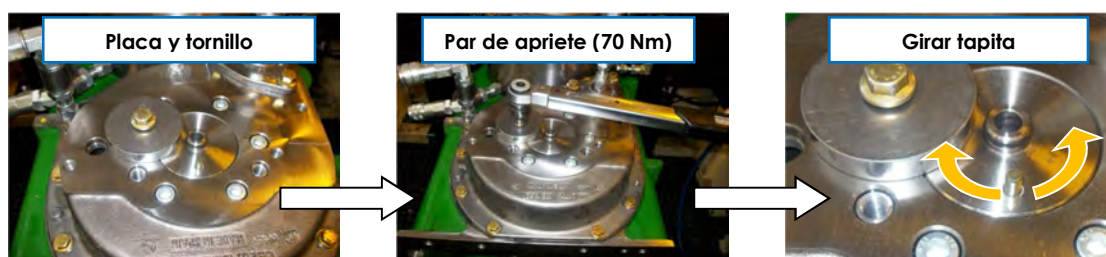


FIGURA 9.2-F PROCESO DE COMPROBACIÓN DEL REGLAJE (EJE DE ENTRADA)

9.3 DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA

El problema de este reglaje es una precarga en algunas de las cajas que produce pérdidas en los circuitos conectados al cuerpo de válvulas. Debido a un mal asentamiento del mismo sobre la tapa del eje de entrada (al estar precargado), la tubería inferior sobresale respecto al plano superior de la tapa.

9.4 ANÁLISIS

Para tratar de responder a la pregunta anterior, se procede a analizar los aspectos que afectan al producto:

- Materia prima
- Útiles y aparatos de medida
- Factor humano
- Proceso

9.4.1 MATERIA PRIMA

Aquí se trata de ver si todas las posibilidades por las cuales puede variar el reglaje desde el momento que se comprueba, hasta que sale de la línea.

El procedimiento empleado fue el mismo que en capítulo 6.4.1, obteniéndose idénticos resultados.

9.4.2 ÚTILES Y APARATOS DE MEDIDA

Este punto del estudio lo realizó el departamento de utillaje, manufactura y mantenimiento, descartando que algún útil o herramienta fuese una posible causa.

9.4.3 FACTOR HUMANO

Para este apartado se contó con la colaboración del equipo de supervisión de la línea que dio la lista de los operarios capacitados para realizar este reglaje, y se comprobó que estaban correctamente capacitados y que todos habían pasado las auditorias de proceso.

Aun así, se dedicó tiempo a revisar el montaje de cinco cajas con cada uno de los operarios, y en todos los casos se observó que todos seguían el proceso de forma correcta.

En la comprobación del reglaje se observa que los criterios de validación no son los mismos para cada operario, pero se considera que no es un fallo humano sino un proceso inconsistente por lo cual también queda descartado el factor humano, tratándose esta posible causa como un fallo de proceso.

9.4.4 PROCESO

La última opción a estudiar, es que el proceso que se tiene, no sea lo suficientemente consistente. Para ello hay que estudiar no solo el proceso de reglaje, sino también el proceso

de montaje hasta que sale de la cadena, con el objetivo de ver si alguna operación que se hace a posteriori puede afectar.

Al contrario de lo que ocurría con el resto de reglajes, donde se obtenía una medida manual con suficiente exactitud, existe una comprobación que lleva a ciertas dudas. En este caso, esta dependía de los criterios de cada operario, ya que algunos tenían más fuerza que otros para girar la tubería y no se daba una cifra empírica, medible. [\(ver proceso de comprobación, capítulo 9.2.2\)](#)

9.4.5 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Tras analizar las posibles causas, comprobamos que el método de comprobación no era lo suficientemente estable, dejando pasar cajas con el reglaje defectuoso como si fueran válidos.

9.5 ACCIONES

Para solucionar este problema se tomó la siguiente acción:

- Diseñar y fabricar un proceso, empleando utillaje nuevo para realizar la comprobación de forma correcta.

Para el nuevo proceso se cuenta con el departamento de manufactura y con el departamento de diseño. Con este último se establecen unas condiciones para que el proceso sea consistente.

- Puntos de medición: se acuerda tomar como referencia el plano de la tapa, y luego medir la distancia de la cara de mayor superficie de la tubería con respecto al plano de referencia. A un ajuste cero estos planos coinciden.
- Una fuerza aproximada de 15 N para que no dependa la fuerza de cada operario al medir, y así poder tener un proceso homogéneo.

Con estas condiciones el departamento de manufactura procede a diseñar y fabricar el siguiente útil.

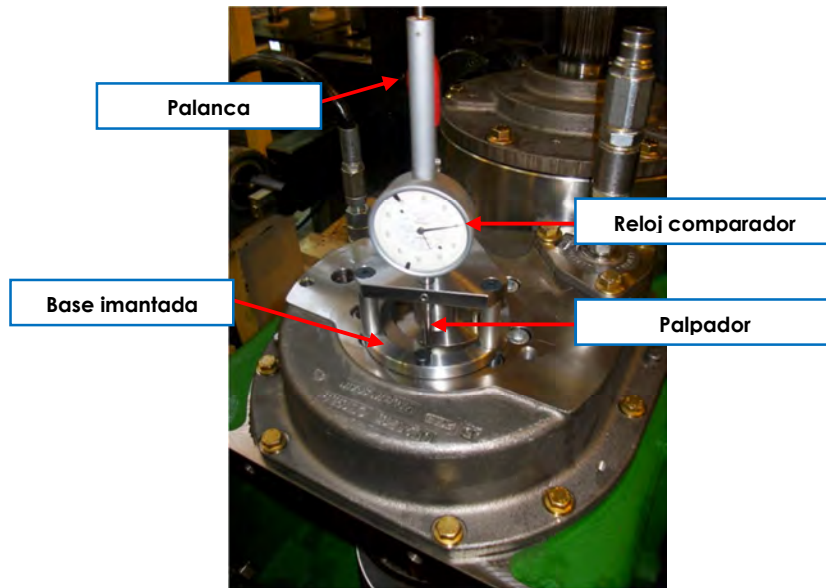


FIGURA 9.5-A ÚTIL COMPROBACIÓN REGLAJE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

Este útil tiene un imán que lo fija a la tapa con una fuerza aproximada de 15 N. También tiene un pistón con un prisionero agarrado a la tubería, conectado a una palanca. Esta palanca es la que presiona la tubería hacia la transmisión. En caso de superar los 15 N, los imanes se sueltan de la caja.

El primer paso es poner a cero el comparador en una superficie plana calibrada. EL segundo paso es tirar de la palanca para sacar hacia abajo el pistón y poder encajarlo y aprisionarlo en la tubería, luego se deja deslizar la palanca hasta que haga contacto los imanes en la tapa y por último se presiona con los 15 N y se toma la medida.

9.6 VERIFICACIÓN

Posteriormente se realizó una comprobación en treinta cajas el valor del juego en los rodamientos.

Con el útil fabricado, se realiza unos días de formación con los empleados, y se practican una serie de medidas para comparar el juego obtenido con la comprobación con el que da el calibre y el paquete de suplementos. Para ello, se toman una serie de medidas en distintas transmisiones. Se toma la medida del calibre, el tamaño de los suplementos y la medida de juego obtenida con el útil.

El juego real del calibre se obtiene sumando la diferencia entre el suplemento puesto y la medida del calibre al juego obtenido en la comprobación.

Caja	Medida Calibre	Medida suplementos	Juego obtenido	Juego del calibre
1	1,72	1,76	0,04	0,08
2	1,65	1,67	0,06	0,08
3	1,88	1,86	0,07	0,05
4	1,69	1,69	0,04	0,04
5	1,71	1,69	0,06	0,04
6	1,89	1,92	0,03	0,06
7	1,89	1,91	0,04	0,06
8	1,98	2,01	0,04	0,07
9	1,78	1,8	0,06	0,08
10	1,75	1,76	0,05	0,06
11	1,6	1,61	0,05	0,06
12	1,7	1,69	0,06	0,05
13	1,98	1,99	0,06	0,07
14	1,81	1,86	0,04	0,09
15	1,69	1,7	0,04	0,05
16	1,75	1,76	0,06	0,07
17	1,85	1,86	0,06	0,07
18	1,73	1,75	0,05	0,07
19	1,75	1,76	0,06	0,07
20	1,87	1,86	0,06	0,05
21	1,69	1,69	0,04	0,04
22	1,9	1,92	0,04	0,06
23	1,79	1,81	0,04	0,06
24	1,73	1,74	0,06	0,07
25	1,84	1,86	0,05	0,07
26	1,61	1,62	0,04	0,05
27	1,78	1,76	0,06	0,04
28	1,61	1,61	0,04	0,04
29	2	1,98	0,06	0,04
30	1,84	1,86	0,06	0,08
			Media	0,060666667
			Desv. Tip.	0,014360439



FIGURA 9.6-A ESTUDIO CALIBRE DE LOS RODAMIENTOS DEL EJE DE ENTRADA

9.7 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

Ya con los datos de la última comprobación, se puede prever el comportamiento del reglaje usando la media (0,0506) y la desviación (0,014360439) de las treinta cajas, para aproximar la probabilidad de que el reglaje sea correcto (0 y 0,1 mm de juego) a una distribución de probabilidad normal.

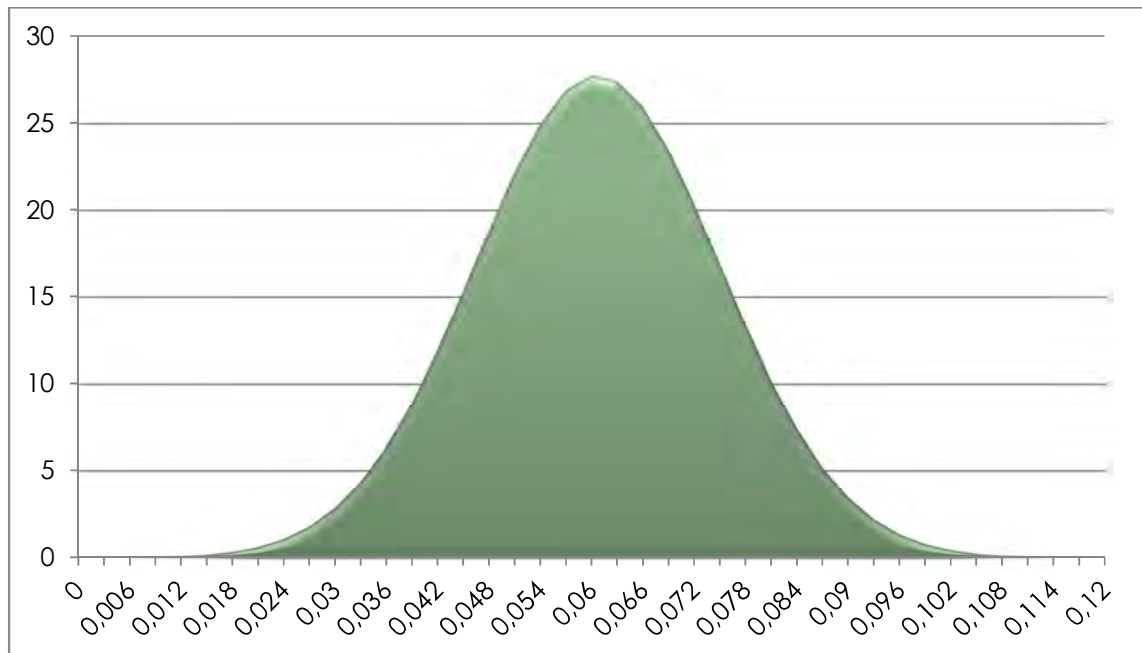


 FIGURA 9.7-A DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DEL JUEGO FINAL

Tras las acciones que han sido tomadas, **la probabilidad final de que un reglaje acabe con precarga correcta (0 y 0,1 mm) es del 99,690676%,** o lo que es lo mismo, **por cada millón de piezas solo sean no aptas aproximadamente 3000 de ellas.**

Dado que el calibre es correcto y sólo la forma de comprobar era incorrecta, lo que no explica las fugas del cuerpo de válvulas. A posterior se descubrió que la causa de las fugas era que el pin, que se coloca sobre la tubería para centrar la posición con el cuerpo de válvulas, se introducía manualmente con una maza en el puesto de trabajo y algunas de ellas no llegaban a su posición.

CAPITULO 10: RESULTADO, ANÁLISIS ECONÓMICO Y CONCLUSIONES

10.1 RESULTADOS OBTENIDOS.

Tras la implantación de este proyecto se ha logrado:

- ✓ Aumentar la repetitividad de los calibres usados en cada reglaje.
 - En la tabla mostrada a continuación se puede ver que la probabilidad de que se repitan los reglajes de manera exitosa son muy próximos al 100%

Reglaje	Probabilidad de éxito
Rodamientos del diferencial	99,999119%
Rodamientos del eje intermedio	99,997868%
Fenólica del eje de entrada	99,99987464%
Rodamientos del eje de entrada	99,690676%

 **FIGURA 10.1-A RESUMEN DE PROBABILIDAD DE REALIZAR CORRECTAMENTE LOS REGLAJES**

- ✓ Reducir el tiempo de reproceso en línea causado por reglajes erróneos.
 - Dada la alta probabilidad de éxitos, ya no se pierde tiempo en reprocesar las cajas para reajustar los reglajes, tanto en la línea como fuera de ella.
- ✓ Reducir las comprobaciones del 100% de las transmisiones, a una sola unidad por turno en cada reglaje.
 - Con la probabilidad de éxito obtenida, se puede reducir las comprobaciones a una al turno, para simplemente comprobar que los equipos funcionan de manera correcta al comienzo del turno.
- ✓ Eliminar la posibilidad de una devolución por parte del cliente a causa de un deterioro prematuro de la transmisión como consecuencia de un reglaje defectuoso.
 - Tras este proyecto no se ha vuelto a registrar ninguna reclamación del cliente por fallos provocados de un reglaje mal realizado.

10.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Ahora se va a cuantificar de la forma más precisa posible el ahorro que supone este proyecto para la empresa. Para ello se evaluará el sobrecoste del standard de trabajo en la línea, la inversión realizada para comprar los calibres y el utillaje nuevo y finalmente el sobrecoste debido a reproceso fuera de la línea.

10.2.1 SOBRECOSTE DEL STANDARD DE TRABAJO

Los operarios de la línea PRODRIVE al trabajar sobre un standard de tiempos, cuyo reglaje está evaluado realizando una comprobación única al comienzo del turno, como en un principio se pretendía. Posteriormente se adaptó este standard de tiempos añadiendo las comprobaciones en el 100% de las transmisiones, suponiendo un sobrecoste para la empresa al ampliar el tiempo de ensamblado.

A continuación vamos a ver las diferencias entre los dos standards para cuantificar de forma económica la diferencia.

En un standard de tiempos se intenta equilibrar la línea para que todos los puestos tengan un tiempo igual. En la realidad existen diferencias entre ellos, tomándose el mayor como referencia para el cálculo del standard de tiempos final, ya que es el que marcará el ritmo en la producción.

El standard inicial era de 50 horas Std. por puesto sin contar las comprobaciones. En la siguiente tabla podemos ver el valor en horas Std. de cada comprobación suponiendo que se realiza en el 100% de las piezas.

Comprobación	Horas standard
Rodamientos del diferencial	10
Rodamientos del eje intermedio	5
Fenólica del eje de entrada	8
Rodamientos del eje de entrada	6



FIGURA 10.2-A STANDARD DE TIEMPO PARA LAS COMPROBACIONES DE LOS REGLAJES

En la siguiente tabla se tiene las horas de cada una de las comprobaciones para analizar cuál de los puestos va a ser el más crítico.

Puesto	Montaje	Diferencial	Eje Inter.	Fenólica	Eje Entrad.	Total
1	50	0	0	0	0	50
2	50	10	0	0	0	60
3	50	0	5	8	0	63
4	50	0	0	0	6	56
5	50	0	0	0	0	50
6	50	0	0	0	0	50
7	50	0	0	0	0	50



FIGURA 10.2-B NUEVO STANDARD DE TIEMPOS COMPROBANDO TODAS LAS TRANSMISIONES

El nuevo standard sube de 50 a 63 horas por puesto. En la siguiente tabla vamos a obtener la diferencia entre los dos standard, y calcular el sobrecoste, considerando la producción estimada del años fiscal 2013 (6472 transmisiones) y el coste de puesto de trabajo (mano de obra, herramientas...) de aproximadamente 62 euros.

Standard comprobación 100% (horas Std)	Standard Normal (horas Std)	Diferencia (horas Std)	Horas finales	Sobrecoste (euros anuales)
7x63= 441	7x50= 350	91	$(91/100) \times 6472 = \mathbf{5889,52}$	$5889,52 \times 62 = \mathbf{365.150,24€}$



FIGURA 10.2-C SOBRECOSTE DEBIDO A LA COMPROBACIÓN DEL 100% DE LOS REGLAJES

Finalmente se obtienen 365.150,24 euros de sobrecoste anuales, pero, como la implantación del nuevo standard no se realizó hasta marzo del 2013, el sobrecoste evitado por el proyecto es sólo el equivalente a 9 meses, lo que se quedaría en **273.862,68 euros**.

10.2.2 COSTE DE CALIBRES Y UTILAJES

Para la resolución de este proyecto se ha necesitado comprar a un proveedor externo a la empresa un calibre para el reglaje de la fenólica del eje de entrada. Este calibre, descrito en el capítulo 6.5, costó un total de **14.000,00 euros**. Mientras que el útil para la comprobación del reglaje de los rodamientos del eje de entrada visto en el 9.5 costo **490,00 euros**.

10.2.3 SOBRECOSTE EN REPROCESO

Cuando un reglaje malo no se detecta hasta el banco de pruebas, o en caso de que no se consiga solucionar en la línea, se saca de esta, para llevarla a la zona de reproceso, donde un operario sale de la línea y trata de solucionar el problema o en su defecto, desguazar la transmisión para reintroducir las piezas que no presenten fallo en la línea de montaje.

Durante el primer trimestre fiscal del 2013, se registraron 20 horas mensuales de media en reparaciones o desmontaje de transmisiones debido a problemas de reglajes.

Si suponemos esta media entre los 9 meses fiscales que quedan nos ahorramos otras 180 horas de trabajo, equivaliendo un sobre coste de **11.160,00 euros**.

10.2.4 BALANCE DE GASTOS FRENTE A BENEFICIOS

En total con este proyecto se ha conseguido evitar un sobre coste de **222.022,68 euros**.

En la siguiente figura se muestra el desglose de gastos y beneficios.

<i>Standard de trabajo</i>	<i>Calibre reglaje 3</i>	<i>Útil reglaje 4</i>	<i>Reproceso</i>	<i>Total</i>
273.862,68 euros	14.000,00 euros	490,00 euros	11.160,00 euros	222.022,68 euros

 FIGURA 10.2-D BALANCE GASTOS FRENTE A BENEFICIOS DEL PROYECTO

10.3 CONCLUSIONES

El resultado final obtenido es un éxito, este es gracias a que los reglajes se habían ido quedando atrás poco a poco tras ir mejorando la línea de ensamblaje (atornilladores eléctricos de par controlado, registro en trazabilidad automático de los pares de apriete, sistemas nuevo de rodillos...), dejando a estos como el elemento con mayor margen de mejora de todo el proceso productivo, a la hora de montar la transmisión.

También se demuestra en este proyecto que hay que hacer seguimiento después del diseño de procesos ya que este seguimiento alimenta la experiencia de los ingenieros madurando las ideas, puedo conseguir grandes mejoras productivas y a la larga diseñar procesos más optimizados a la hora de comenzar otros proyectos.

Existen muchos aspectos que se pueden aprender de esa experiencia, ya que se escapan del campo teórico, donde no se tienen en cuenta al diseñar el proceso, como son los aspectos que se corrigen en el desarrollo de este proyecto:

- o Rodamientos del diferencial → Problema en la definición del proceso donde se descartó a la silicona como un elemento que afectara al reglaje.
- o Rodamientos del eje intermedio → Problema de proceso a la hora de asentar el eje antes de medir junto a un patrón mal suplementado
- o Fenólica del eje de entrada → Problema en la medición del eje, ya que al bascular no se tenía una media precisa del mismo.
- o Rodamientos del eje de entrada → Problema la comprobación con un proceso inconsistente, donde depende del operario la comprobación cambia

Estos aspectos pueden causar, sin casi percibirlo, un fuerte sobrecoste en el ensamblado de un producto.

La mejora continua, es una herramienta productiva muy potente en la que no solo debe participar el diseñador de los procesos productivos, sino todos los empleados de una compañía, ya que siempre hay algo que se puede mejorar, o ver cosas que anteriormente no se habían visto y se pueden mejorar con nuevas tecnologías.

También resalta la importancia que tiene invertir en calidad, se puede ver que en este caso por cada euro invertido, se ha rentabilizado en un ahorro de veinte euros en costes. Con esto no se logra tan solo ahorrar en costes, sino que, mejoras la calidad del producto, consiguiendo así una mejora sustancial de la satisfacción de tus clientes.

Estos factores son lo que mantienen a un equipo de producción en la cabeza del mercado, siempre sin acomodarse, trabajando por mejorar y evolucionar día a día.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

Documentación interna de John Deere:

- Plano de conjunto y de despieces de la transmisión PRODRIVE. John Deere Ibérica S.A
- TECHNICAL MANUAL S550 STS™, S660 STS™, S670 STS™, S680 STS™, and S690 STS™ Combine Repair. John Deere Harvester Works.
- DIAGNOSTIC TECHNICAL MANUAL S-Series Combines Diagnostic Technical Manual TM111919. John Deere Harvester Works.
- Tiempos Standard y equilibrado. John Deere Ibérica S.A.
- Procesos, ayudas visuales y Standard de trabajo de la línea PRODRIVE. John Deere Ibérica S.A.
- Manual técnico sobre calibres. John Deere Ibérica S.A.
- 6-SIGMA: Herramientas. John Deere Ibérica S.A.

Documentación Electrónica:

- <http://www.deere.com>
- Intranet John Deere Ibérica S.A.
- Guía de usuario Microsoft Word. © 2013 Microsoft
- Guía de usuario Microsoft Excel. © 2013 Microsoft
- <http://www.Wikipedia.com>